ABC (REVISTA·CURSO) da ELETRÔNICA

Nº10

PROF. BEDA MARQUES

SCR, TRIAC, ZENER E DIAC ... UMA TURMA "DA PESADA"!

•TEORIA:

- APRENDA A USAR OS DIODOS ZENER E OS TIRÍSTORES (RETIFICADORES CONTROLADOS DE SILÍCIO), SCRs, TRIACs E DIACs!
- REALIZE AS PRIMEIRAS EXPERIÊNCIAS COM ESSES IMPORTANTES COMPONENTES!

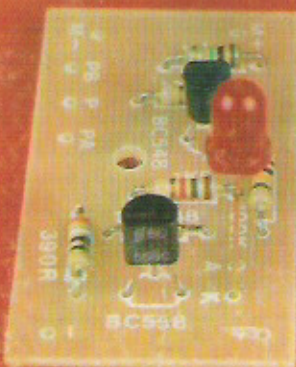
•PRÁTICA:

- DUAS SENSACIONAIS MONTAGENS DE REAL UTILIDADE:
- INTERRUPTOR CREPUSCULAR SUPER-SIMPLES
- VOLTÍMETRO DE BANCADA DE BAIXO CUSTO

•SEÇÕES:

- TRUQUES & DICAS: "APROVEITANDO E INVENTANDO COM O EFEITO ZENER DE OUTROS COMPONENTES" E OS "MACETES PARA A DISSIPAÇÃO DE CALOR NOS COMPONENTES"
- ARQUIVO TÉCNICO: "TABELAS E MAIS TABELAS" (PARA GUARDAR...) DE ZENERs, SCRs E TRIACs!

•E MAIS:

- RESPOSTAS ÀS DÚVIDAS DOS LEITORES/"ALUNOS"...

EDITORA

EMARK ELETRÔNICA

Diretores
Carlos Walter Malagoli
Jairo P. Marques
Wilson Malagoli

Diretor Técnico
Bêda Marques

Colaboradores
José A.Sousa (Desenho Técnico)
João Pacheco (quadrinhos)

Publicidade
KAPROM PROPAGANDA LTDA
(011) 223-2037

Composição
KAPROM

Fotolitos de Capa
DELIN
Tel. 35.7515

Fotolito de Miolo
FOTOTRAÇO LTDA.

Impressão
Editora Parma Ltda.

Distribuição Nacional c/ Exclusividade
FERNANDO CHINAGLIA
DISTR. S/A
Rua Teodoro da Silva, 907
- R. de Janeiro (021) 268-9112

ABC DA ELETRÔNICA

Kaprom Editora, Distr e Propaganda Ltda - Emark Eletronica Comercial Ltda) - Redação,Administração e Publicidade:
R.Gal.Osório, 157
CEP 01213 - Sao Paulo-SP
Fone: (011)223-2037

EDITORIAL

Olha aí o ABC, "como quem não quer nada", já entrando no **SEGUNDO ANO** do nosso "Curso"! 1991 foi o ano da "apresentação" (embora muitos já conhecessem nosso trabalho anterior - para outra Editora - no gênero...), no qual esse enorme "Universo" de jovens e adultos (temos Leitores/"Alunos" cujas idades podem ser escritas com UM dígito, com DOIS dígitos, e até com TRÊS dígitos!) realmente interessados em APRENDER as bases da moderna ELETRÔNICA, tomou conhecimento da Revista, começou a acompanhar as "Aulas" e a partir da constatação de que AQUI NINGUÉM ENGANA NINGUÉM, integrou-se à Turma com imenso entusiasmo e emocionante fidelidade!

Todas as premissas de ABC foram (Vocês são testemunhas insuspeitas...) rigidamente cumpridas, "com sobra". Desde a apresentação das "Lições" em linguagem moderna e absolutamente acessível, "descomplicando" ao máximo os conceitos e as "matemáticas da "coisa" até a efetiva participação do Leitor/"Aluno" (Vocês são a parte principal da nossa "Escola"...).

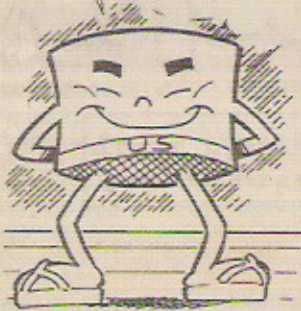
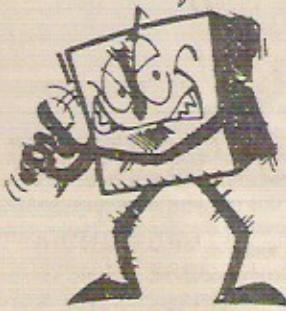
Ao Leitor/"Aluno" assíduo e fiel, não há muito que acrescentar, já que faz parte da "família"... Aos que estão "chegando agora", nosso abraço de BOAS VINDAS e um conselho elementar: procurem adquirir rapidamente seus Exemplares/"Aula" atrasados, pois as reservas dos números anteriores de ABC (do 1 ao 9) estão "miando" e logo, logo, não mais será possível atender aos "recém-chegantes". É FUNDAMENTAL que o Leitor/"Aluno" possua **todos** os Exemplares/"Aula", de modo que, mesmo pegando o "Curso" pelo meio, tenha como recuperar o tempo perdido...

Embora o cronograma do ABC seja mesmo meio "maluco" (se comparado ao **curriculum** de Cursos Regulares de Eletrônica...), a **ordem** em que as "Aulas" são dadas **é importante** para um perfeito fluir do aprendizado! Foi justamente graças a esse esquema pouco ortodoxo (mas efetivo...) que todos Vocês, "veteranos", já se encontram na categoria de sólidos conhecedores das bases da Eletrônica! E conseguiram isso "sem sentir", sem encarar grandes dificuldades ou ter que enfrentar obstáculos Teóricos ou Práticos de difícil transposição...!

É assim o nosso "Curso"... Não tem FIM, nem DIPLOMA, mas daqui o Leitor **leva**, realmente, "alguma coisa", que tanto pode ser a **base** para um futuro estudo aprofundado da matéria (muitos de Vocês, dentro de alguns anos, serão Engenheiros e Técnicos gabaritados, graças aos Cursos Reguladores, Profissionalizantes ou mesmo Superiores, que realizarão, emulados pelo "pontapé" inicial dado por ABC...), quanto um sólido substrato para qualquer outra atividade profissional almejada, já que - como temos dito com frequência - a Eletrônica mais e mais "penetra" em TUDO, da Medicina à Agricultura, da Economia à Geologia, da Música à Metalurgia...

Mas, chega de "papo"... Um FELIZ ANO NOVO para todos (e se preparem, pois o "Curso", ainda mais, vai "pegar fogo" em 92...) e obrigado por terem estado conosco nesse primeiro "Ano Letivo"...

O EDITOR

EU ESTAREI NA PRÓXIMA AULA

E EU TAMBÉM

ÍNDICE - ABC -

PAGINA

O Diodo ZENER

Os TIRÍSTORES (SCR, TRIAC, DIAC)

TEORIA (SIMPLIFICADA E ACESSÍVEL...) SOBRE OS IMPORTANTES DIODOS REGULADORES DE TENSÃO - ZENER - E SOBRE OS RETIFICADORES CONTROLADOS DE SILÍCIO (TIRÍSTORES), SCRs E TRIACs... O QUE INTERESSA A SABER, PARA FINALIDADES PRÁTICAS, MAIS EXPERIÊNCIAS SIMPLES E ESCLARECEDORAS! OS CÁLCULOS ELEMENTARES E AS PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DESSES IMPORTANTES COMPONENTES! SUAS APLICAÇÕES E CONFIGURAÇÕES CIRCUITAIS MAIS USADAS. DADOS, APARÊNCIAS E SÍMBOLOS...

Na sequência das explicações Teórico/Práticas sobre os principais componentes da imensa "família" dos semicondutores (já vimos os DIODOS, os LEDs, os TRANSÍSTORES BIPOLARES, os TRANSÍSTORES UNIJUNÇÃO e os TRANSÍSTORES DE EFEITO DE CAMPO...), vamos falar agora sobre outro **importante** grupo de componentes: o DIODO ZENER, o SCR (Retificador Controlado de Silício de "mão única") e o TRIAC (Retificador Controlado de Silício de "mão dupla"), além de algo sobre o DIAC (que é uma espécie de ZENER de "mão dupla"...).

Nas aplicações práticas, nos circuitos do dia-a-dia da Eletrônica, todos esses componentes são intensamente utilizados, e assim o Leitor/"Aluno" tem a obrigação de conhecer seus fundamentos, que aqui serão apresentados na "velha" maneira de ABC: sem muita "matemática" (que isso aqui não é para dar "diploma de engenheiro"...), mas com dados teóricos básicos e essenciais, a partir dos quais (inclusive através de fáceis e elucidadoras Experiências...) o Leitor aprenderá - efetivamente - a **usar** tais peças...

É certo que (conforme sempre ocorre nas "Lições" do ABC...) a presente "Aula" não esgota o assunto, constituindo, sim, uma **primeira e básica abordagem**... No andamento natural do nosso "Curso", contudo, sempre que surgirem utilizações diretas desses componentes, novos e importantes dados Teórico/Práticos serão acrescentados... O nosso Cronograma é - todos Vocês sabem - nada ortodoxo, obedecendo **mais** às necessidades Práticas do que a um fluxo "acadêmico" de informações (conforme adotam os Cursos convencionais de Eletrônica...).

Esse método de dar, "logo de cara", importantes dados básicos sobre tudo o que é realmente importante na Eletrônica, e só depois, nos reais "momentos" de utilização, entrar em eventuais detalhes, nos parece próprio, "casando" a natural "pressa de aprender" que todo Leitor/"Aluno" tem, com as reais intenções do ABC, que se configuram num sólido embasamento quanto aos aspectos fundamentais da moderna Eletrônica. Isso, mais as já conhecidas "Antecipações Teóricas" (que nos permitem, com elegância e praticidade, eventualmente "atropelar" nosso próprio cronograma, já pouco convencional...) traz, na nossa opinião, reais benefícios ao aprendizado, e a esmagadora maioria das correspondências enviadas pelos satisfeitos Leitores/"Alunos", nos confiram essa impressão...

•••••

- **FIG. 1-A** - Recordando o que vimos na "Aula" nº 3, o mais simples dos componentes semicondutores é o DIODO comum, formado por uma única junção de materiais P-N e que apenas permite a livre passagem da corrente, quando polarizado no sentido DIRETO, ou seja: quando o **positivo** da

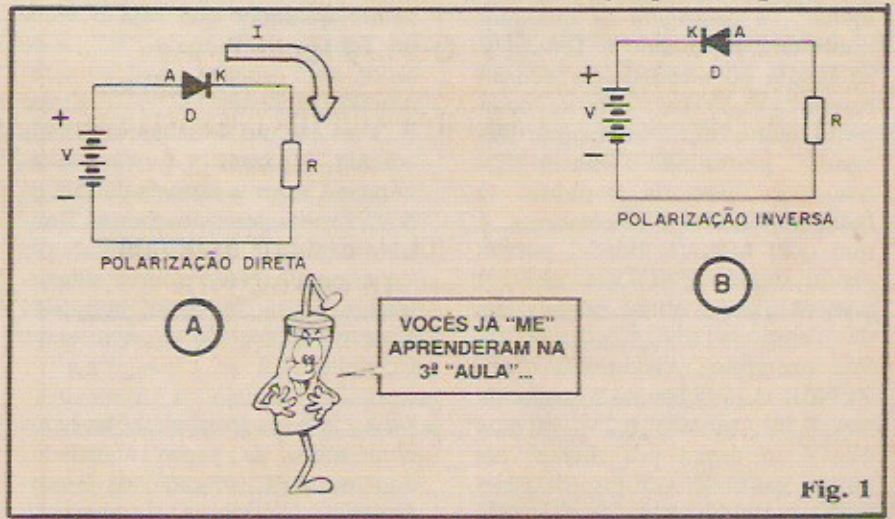



Fig. 1

alimentação está ligado ao terminal de **anodo** (A) ou bloco de material "P", e o **negativo** da dita alimentação "fecha o circuito" através do terminal de **catodo** (K), ou bloco de material semicondutor "N". Vimos também que, se submetido a polarização INVERSA, o DIODO simplesmente **não conduz**. E tem mais: se essa polarização inversa for **muito** intensa, em nível de tensão superior ao suportável pelo componente (de acordo com os parâmetros listados pelo fabricante na Tabela de Características do dito cujo...), a junção se "abre", o DIODO "queima", inutilizando-se para qualquer uso prático...

- **FIG. 1-B** - O DIODO inversamente polarizado... Enquanto no caso 1-A a corrente I podia se manifestar livremente, através do resistor R, na condição inversa, agora mostrada, praticamente nenhuma corrente transita pelo sistema (e se a tensão V for maior do que a Máxima Tensão Reversa do diodo D, este "estoura"...).

- **FIG. 2-A** - Um DIODO ZENER (DZ), diferentemente dos DIODOS COMUNS, é industrialmente feito com a "intenção" de não queimar-se ou romper-se, quando submetido a tensões inversas além do seu natural limite... Quando isso ocorre, o ZENER simplesmente passa a atuar como um "livre condutor"! Isso quer dizer que, enquanto a Tensão V for **menor** do que o referencial de Tensão do diodo DZ, este se opõe, "firmemente", à passagem de qualquer corrente... Já quando a Tensão V se **iguala ou ultrapassa** a Tensão referencial do DZ, este se comporta como um "interruptor fechado", permitindo o trânsito praticamente livre da corrente! O mais importante e interessante, é que com toda facilidade, podem ser produzidos DIODOS ZENER com os mais diversos referenciais de Tensão (TENSÃO ZENER)! Por exemplo: existem DIODOS ZENER cuja "barreira" é vencida aos 3,3V, ou aos 6,2V, ou aos 12,0V, e assim por diante, em ampla gama de valores (detalhes mais à frente, e na Seção ARQUIVO TÉCNICO da presente ABC...). Com essas especiais características, o DIODO ZENER se presta a uma importante função: ABAIXAR e REGULAR Tensões! Isso quer dizer que, na configuração circuital básica mostrada em 2-A, praticamente **qualquer** que seja o valor da Tensão de Entrada "V", a de Saída será **sempre** igual ao referencial do Zener DZ! O Resistor R (cujo cálculo detalharemos mais adiante...) exerce a função de limitar a Corrente através de DZ, já que, se ultrapassados certos limites naturais, este afinal se "queimará" (NÃO porque submetido a Tensão Inversa, mas SIM porque submetido a excessiva Corrente...).

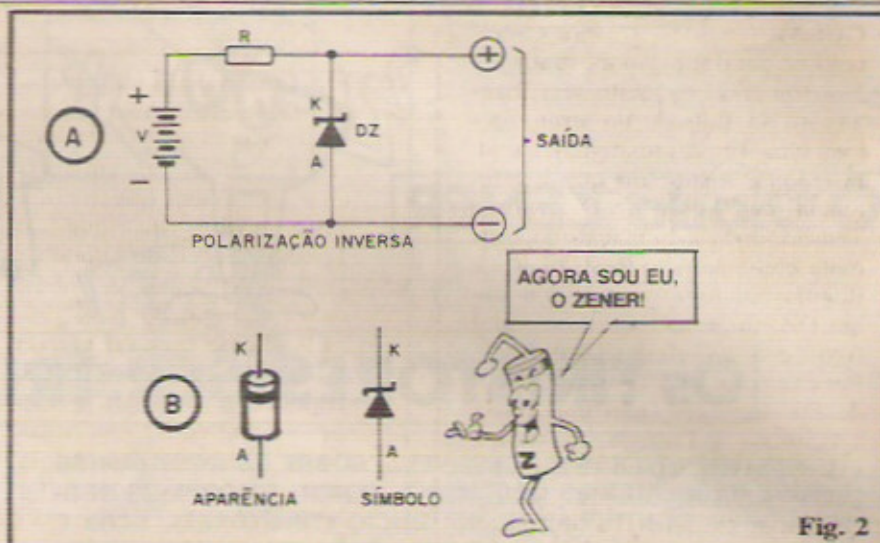
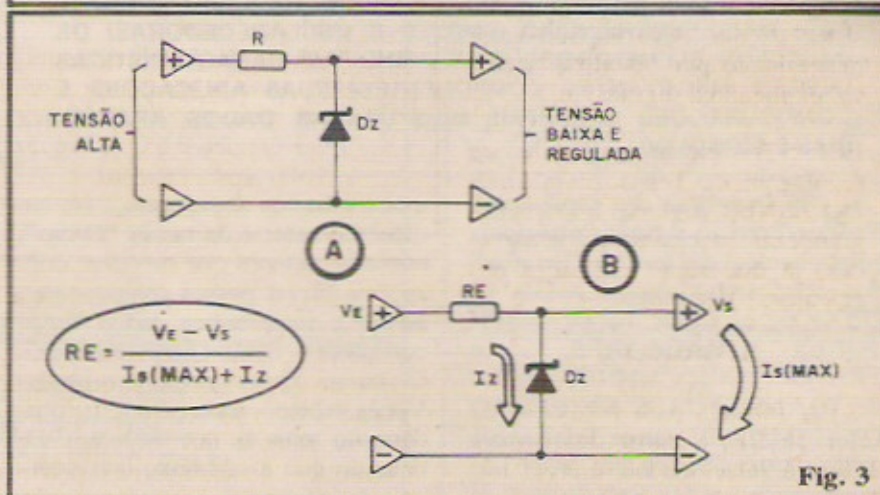



Fig. 2

Fig. 3

- **FIG. 2-B** - Conforme fazemos com todas as peças abordadas aqui no ABC, aí estão os importantes "códigos visuais": APARÊNCIA e SÍMBOLO do componente (DIODO ZENER). Notem que externamente o ZENER é idêntico a um DIODO COMUM, inclusive quanto ao "nome" dos terminais (**anodo** A e **catodo** K...) e quanto à faixa ou anel em cor contrastante, sinalizando a extremidade da qual sai o terminal de **catodo** (K). O símbolo é também muito parecido com o atribuído ao DIODO COMUM, porém com a barrinha de **catodo** contendo duas "dobras" nas extremidades, configurando uma letra "Z" estilizada. Os códigos alfanuméricos de identificação, atribuídos pelos fabricantes, são naturalmente diferentes dos usados para os diodos comuns (na Seção ARQUIVO TÉCNICO tem mais detalhes a respeito...).

- **FIG. 3-A** - Já explicado, então, que a função básica do DIODO ZENER é "ABAIXAR" e **RE-**

GULAR Tensões, sempre circuitado na configuração mostrada em 3-A (ou arranjos muito semelhantes...). Na Entrada do arranjo temos uma Tensão relativamente **alta** (sempre maior do que o referencial de Tensão de DZ...).Essa Tensão, após a limitação de Corrente efetuada pelo Resistor R e a Regulagem feita pelo Diodo Zener DZ, surge na Saída com valor fixo, igual ao referencial de DZ... Por exemplo: se a Tensão ZENER de DZ for 3,0V, não importa se aplicarmos à Entrada do arranjo valores de 6,0, 9,0 ou 12,0V... Na Saída teremos **sempre** 3,0V... Quanto às Correntes, a "história" é outra, e aí entra em ação o Resistor R, que deve ter seu valor determinado por cálculo específico, explicado a seguir:

- **FIG. 3-B** - No arranjo básico de regulagem de Tensão com DIODO ZENER, algumas importantes grandezas precisam ser demarcadas, já que serão utilizadas nos cálculos... Vejamos:

- **VE** - É a Tensão de Entrada, relativamente alta, e não regulada, que pretendemos "reduzir" e regular. VE, em qualquer caso, **tem** que ter um valor **maior** do que a Tensão ZENER do Diodo.
- **VS** - Tensão de Saída, já "abaixada" e regulada pelo ZENER. Como é **muito grande** a lista de Tensões ZENER disponíveis (ou seja: podem ser encontrados nas lojas Diodos ZENER para ampla gama de valores...), torna-se fácil obter qualquer tensão de valor prático, que se queira ou necessite...
- **RE** - Resistor de Entrada, limitador principalmente da Corrente sobre o ZENER. O seu valor ôhmico é o objetivo do cálculo que veremos a seguir...
- **IS** - Corrente máxima de Saída, a ser utilizada pela carga ou pelo bloco de circuito "alimentado" pelo arranjo Zener. É **importante**, para o perfeito cálculo de RE (e para a determinação da Potência geral envolvida no sistema...) o prévio conhecimento dessa grandeza.
- **IZ** - É a Corrente no Diodo ZENER. Existem fórmulas precisas e relativamente complexas para determinar com precisão tal valor, tendo também como base os parâmetros fornecidos pelos fabricantes nas Tabelas... Na prática, contudo, costumamos atribuir para IZ um valor arbitrado de 10% do "tamanho" de IS. Assim, se numa aplicação/cálculo IS for equivalente a 50mA, podemos atribuir, na fórmula, um valor de 5mA para IZ.

●●●●●

A FÓRMULA...

A fórmula para o cálculo do valor de RE, a partir dos demais dados já relacionados, é: (ver fig. 3).

$$RE = \frac{VE - VS}{IS + IZ}$$

Não se esqueçam de usar sempre a mesma "escala" de grandeza, ou seja: para obter o valor de RE em OHMS, devemos notar VE e VS em VOLTS, e IS e IZ em AMPÉRES. Um exemplo de cálculo está devidamente "destrinchado" na próxima figura...

●●●●●

- **FIG. 4** - No caso/exemplo, temos uma fonte geral de alimentação com tensão de Saída de 9V (que será a "VE"...) e queremos, "abaixados" e regulados, 3V (VS) para aplicar na alimentação de um bloco, componente ou circuito que demandará, no máximo 20mA (IS). Como **existe** um ZENER comercial para 3V, esse parâmetro torna-se fácil de obter na Saída geral do arranjo. Quanto à corrente no Zener (IZ), conforme explicado, arbitraremos em 10% de IS, ou seja: 2 mA... Vejamos a "armação" da Fórmula, e o cálculo:

$$RE = \frac{9-3}{0,02 + 0,002}$$

$$RE = \frac{6}{0,022}$$

$$RE = 272,27R$$

RE = 270R (valor comercial mais próximo)

Obtemos, assim o valor ôhmico de RE, matematicamente em 272, 27, que torna-se fácil de "arredondar" para o valor comercial mais próximo, de 270R... Temos ainda que determinar a DISSIPAÇÃO ("wattagem") de RE, o que não apresenta a menor dificuldade "matemática", bastando usar a "velha" Fórmula de Potência, vista na 1ª "Aula" do ABC:

$$P = V \times I$$

Onde
- P - Potência dissipada (em Watts)
- V - Tensão sobre RE (Tensão de Entrada VE)
- I - Corrente total em RE (soma de IS com IZ)

Temos, então: $P = 9 \times 0,022$

$$P = 0,198W$$

Um resistor para 1/4 de watt (0,25W), portanto, será mais do que conveniente.

Falta determinar um último e importante parâmetro, que é a potência do próprio Diodo ZENER, novamente valemo-nos da mesma "velha" Fórmula:

$$P = V \times I$$

Onde
- P = Potência do ZENER, em Watts
- V = Tensão de Saída (VS) ou a própria Tensão ZENER
- I = Corrente no ZENER (já arbitrada em 0,002A)

Temos, então : $P = 3 \times 0,002$

$$P = 0,006W$$

Um ZENER para 400mW, portanto, "dará e sobrará"...

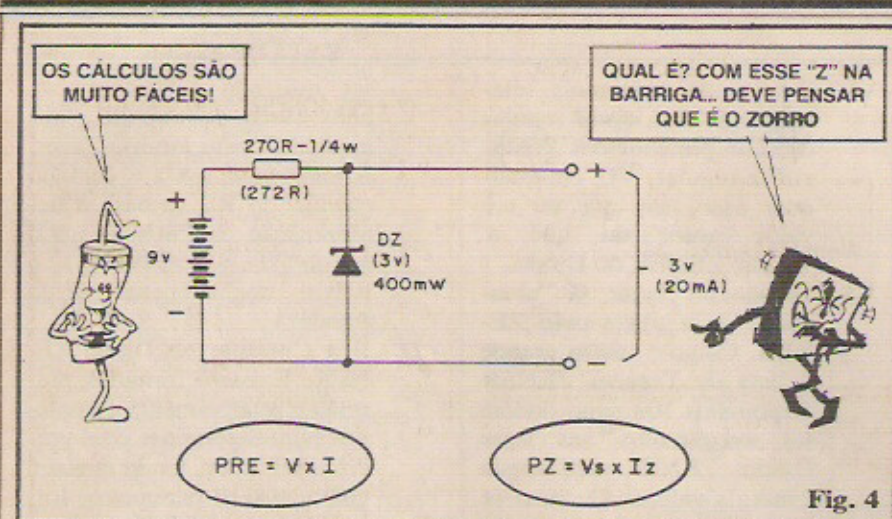



Fig. 4

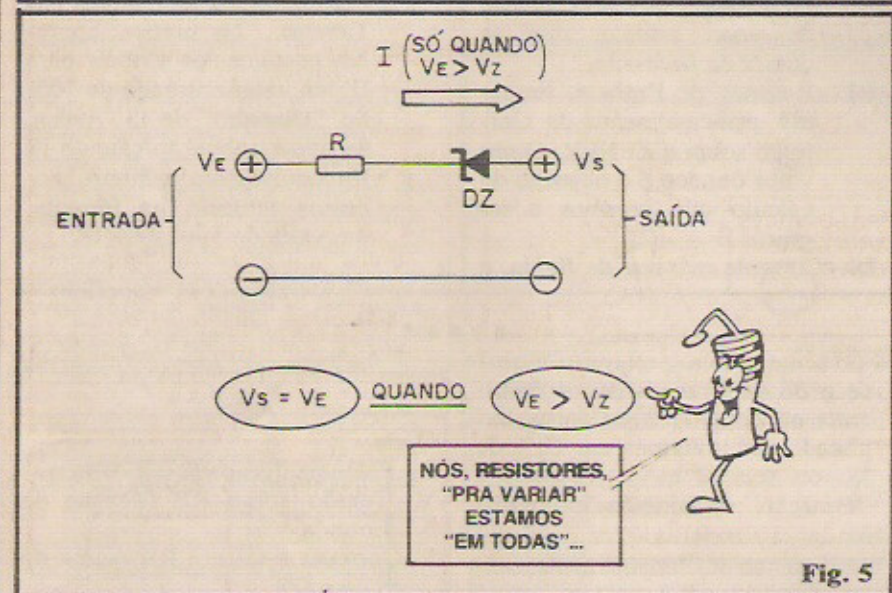



Fig. 5

- **FIG. 5** - Até agora, deu pra notar que, enquanto os diodos comuns ficam "em série" com a aplicação, ou seja, com o componente, bloco, circuito ou carga que devem "usufruir" do trabalho do componente, os **zeners** são circuitados "em paralelo" com a aplicação, para que possam bem realizar sua ação reguladora da tensão aplicada a tal utilização... Existe, porém uma outra maneira de se usar um zener, na função de "BLOQUEAR TENSÃO ATÉ...". Explicando: se circuitado conforme mostra o diagrama da fig. 5, enquanto a Tensão de Entrada (VE) for **inferior** à Tensão ZENER de DZ, este, agindo como um diodo comum, bloqueará completamente a passagem de qualquer Corrente na direção da Saída (VS, então, não se manifesta...). Quando, porém a Tensão de Entrada VE tornar-se **maior** do que a Tensão ZENER de DZ, ela então poderá "vencer" a barreira do diodo Zener, manifestando-se, então VS, sob corrente determinada pelo valor de R (Lei de Ohm, como sempre...). Notem, então, o axioma: VS = VE **quando** VE > VZ, ou seja: a Tensão de Saída será igual à de Entrada, se esta for **maior** do que a Tensão Zener... O arranjo é bastante utilizado quando queremos inibir ou "segurar" o funcionamento de determinado bloco circuital, ATÉ QUE a tensão a ele aplicada chegue a determinado nível (enquanto tal nível não for atingido, o circuito - acoplado à Saída do arranjo diagramado - nada "receberá" ou "verá"...).

- **FIG. 6** - Uma utilização prática de Diodo ZENER... A partir da sua habilidade de "abaixar" e regular Tensões, o ZENER (juntamente com seu "eterno companheiro", o Resistor Limitar "R"...) pode ser vantajosamente usado nos circuitos que, dotados de mais de um bloco funcional, precisem de diferentes Tensões de alimentação para tais blocos... No exemplo, o **primeiro bloco** (esquerda) trabalha sob 9 VCC (naturalmente fornecido pelas pilhas ou bateria...). Já um **segundo bloco** (o da direita), precisa de 6 VCC, que são confortavelmente "puxados" da **mesma** fonte original (V) com o auxílio de DZ e R... Estes dimensionam exatamente a Tensão de alimentação para o último bloco, fazendo com que "economizemos" uma eventual "segunda fonte"! Nessa típica configuração/exemplo, o único requisito (essencial...) é que a fonte original de energia (pilhas, bateria, fonte, etc., de 9V, no caso...) seja capaz de suprir a SOMA das Correntes consumidas pelo **primeiro bloco, segundo bloco** e conjunto DZ/R...

●●●●●

PARÂMETROS E LIMITES...

Como ocorre com todos os demais componentes eletrônicos, os Diodos ZENER apresentam parâmetros e limites a serem respeitados, características que vêm relacionadas nas Tabelas fornecidas pelos fabricantes... Para fins práticos imediatos, só precisamos **saber** dois dados:

- VZ - Tensão Zener (podem ser encontrados zeners para Tensões desde pouco mais de 2V até centenas de Volts).
- PZ - Potência de Diodo Zener. As séries industriais são dimensionadas para 0,4W - 0,5W - 1W - 1,3W - 3,25W - 6W ou mais. Nas utilizações costumeiras, normalmente a Potência do Zener ficará entre 0,5W e 1W.

Na Seção ARQUIVO TÉCNICO da presente ABC temos uma extensa Tabela de códigos e parâmetros, relacionando as séries co-

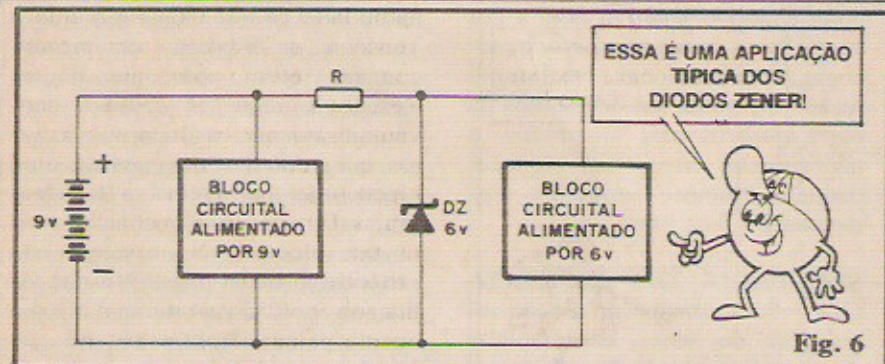



Fig. 6

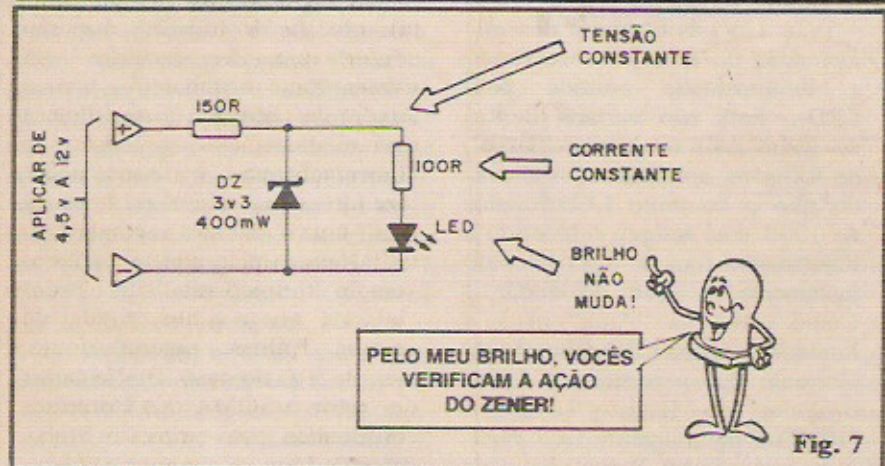



Fig. 7

merciais de Diodos Zener mais utilizados...

EXPERIÊNCIA (COMPROVANDO A AÇÃO DE UM ZENER...)

Dentro do "velho esquema" de praticar imediatamente os conceitos teóricos, para que o aprendizado tenha real consistência, vamos a uma EXPERIÊNCIA simples, destinada à comprovação do funcionamento/função de um Diodo Zener... A quantidade (e o custo...) de peças necessárias é irrisória, sendo que o Leitor/"Aluno" assíduo provavelmente já terá, no seu "estoque" de componentes, a maioria delas...

Quem não tiver nenhuma das peças, poderá facilmente adquirí-las nos varejistas de Eletrônica ou - para maior conforto e segurança - obtê-las pelo Correio, na forma de PACOTE/AULA completo (ver Anúncio/Cupom em outra parte da presente Revista...). Notem ainda que o tal PACOTE/AULA - EXPERIÊNCIAS, incluirá o material necessário à **outra** EXPERIÊNCIA da presente "Aula", referente à utilização do SCR, cujos dados serão vistos mais adiante, ainda na Seção TEORIA...

- **FIG. 7** - O esqueminha do circuito da EXPERIÊNCIA... Nada mais elementar, plenamente no "alcance do entendimento" dos Leitores/"Alunos" que seguem o ABC desde sua primeira "Aula"... À esquerda temos a Entrada de Alimentação, devidamente polarizada, que "aceitará" Tensões de 4,5 a 12V... Em seguida o arranjo básico zener/resistor, conforme estudado na parte Teórica, aí atrás... Finalmente, como módulo indicador, temos um LED, acompanhado do respectivo resistor limitador de corrente. Nenhuma complicação...

- **FIG. 8** - Componentes utilizados na EXPERIÊNCIA, em suas aparências, símbolos e identificação de terminais... Embora já esteja "mais do que na hora" de todos Vocês saberem "se virar" nessas questões puramente visuais das montagens, para benefício de algum eventual "recém-chegante", tudo está devidamente "mas-

LISTA DE PEÇAS

(EXPERIÊNCIA COM ZENER...)

- 1 - Diodo Zener de 3,3V x 400mW (1N746, BZX79C3V3, etc.).
- 1 - LED vermelho, redondo, 5 mm
- 1 - Resistor 100R x 1/4W (marrom-preto-marrom)
- 1 - Resistor 150R x 1/4W (marrom-verde-marrom)
- 1 - Pedaço de barra de conetores parafusados "Sindal", com 5 segmentos.
- - Fio para as ligações

- **NOTA**: Para o andamento da EXPERIÊNCIA, o Leitor/"Aluno" necessitará ainda de fontes de Tensão entre 4,5 e 12V, podendo convenientemente usar pilhas em suportes (de 3 - 4 - 6 - 8 pilhas cada) ou mesmo fontes comerciais ou "feitas em casa" dentro dos requeridos parâmetros. Quanto à Corrente, não há com o que se preocupar... Qualquer 50mA ou mais, serão suficientes...

Fig. 8

tigado" na figura. Quanto ao ZENER, notar a faixa ou anel indicador do terminal de **catodo** (K). No LED, o **catodo** (K) é referenciado pelo pequeno chanfro lateral na base do corpo da peça, e também pelo fato de ser o terminal **mais curto**. Finalmente, quanto aos Resistores, o único cuidado será a correta "leitura" dos valores, a partir do respectivo código de cores (a "Aula" nº 1 está lá, na estante do Leitor, para eventual consulta...).

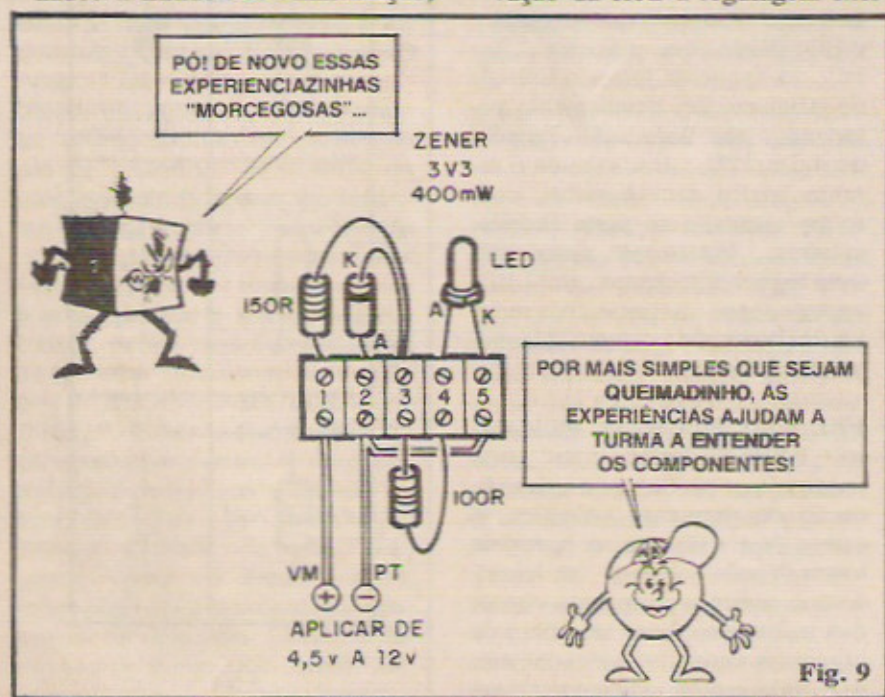
- **FIG. 9** - "Chapeado" da montagem experimental/comprobatória... O substrato da "coisa" é um pedaço de barra de conetores parafusados, tipo "Sindal", com 5 segmentos... Já vimos exaustivamente as técnicas de montagens desse tipo, sem solda, que permitem o fácil e amplo reaproveitamente das peças... Lembrem-se que não é preciso apertar demasiadamente os parafusos da barra, bastando "arrochar" o suficiente para prender a peça (terminal) e estabelecer bons contatos elétricos... Dessa maneira os terminais não se danificam, e as peças podem, futuramente, ser novamente usadas em outras Experiências (ou mesmo em Montagens Práticas "definitivas"...). Atenção à posição do diodo zener e do LED. Identificar também os fios destinados à Entrada de Alimentação, codificando o **positivo** com a cor **vermelha** e o **negativo** em **preto**, como é convencional... A "numeração" atribuída aos segmentos da barra ajuda os mais "distraídos" a não cometer erros (não esquecer daquele "jumper" entre os segmentos 2 e 5 da barra...).

- **SEQUÊNCIA DA EXPERIÊNCIA** - Para comprovar a ação reguladora do zener, basta aplicar diferentes fontes de Tensão (entre 4,5V e 12V) às Entradas de alimentação do arranjo, observando a luminosidade emitida pelo LED... Esta **não variará** (dentro da gama mais ou menos "larga" de Tensões aplicadas...) indicando que o conjunto LED/resistor de 100R está **sempre** submetido a uma tensão fixa de 3,3V, devido justamente à ação do zener...! Como vimos na "Aula" nº 5, a luminosidade no LED é função da Corrente que o percorre... Como o valor do Resistor/Limitador (100R) é naturalmente fixo, qualquer variação na Tensão aplicada ao conjunto **seria** imediatamente "transformada" em modificações na dita Corrente, o que - por sua vez - **alteraria** nitidamente a luminosidade no LED... Como tal **não** ocorre (aplique-se 4,5 - 6,0 - 9,0 ou 12,0V na Alimentação geral do arranjo...) temos a comprovação da efetiva regulagem exercida pelo zener! Observem que o resistor de proteção do próprio zener (150R) **pode**, nos limites mais elevados de Tensão recomendados para a Experiência, ser considerado "matematicamente **menor** do que devia"... Entretanto, como as verificações experimentais são curtas, no tempo, não exisitirão reais possibilidades de danos aos componentes. Quem possuir um Voltímetro ou um Multímetro (que contenha a função de Voltímetro...) poderá fazer uma comprovação mais "científica", aplicando-se a ponta de prova **positiva** (vermelha) do tal medidor, ao segmento 3 da barra/substrato, e a ponta **negativa** (preta) ao segmento 5, variando (dentro da faixa recomendada) a Alimentação geral, e verificando a "imobilidade" da Tensão medida, na casa dos 3,3V... Em futura "Aula" específica (está perto...) falaremos detalhadamente sobre Medições e Medidores... Aguardem...

Fig. 9

SCR - TRIAC

Embora as "intenções" ou "motivos" de cada componente específico tenham, obviamente, profundas razões de ser (caso contrário não haveria necessidade de se desenvolver **tantos** diferentes componentes...), todos os integrantes da "família" dos semicondutores guardam sensíveis semelhanças no seu funcionamento básico... Nem poderia ser de outra forma, já que todos baseiam-se nos efeitos da corrente (e do seu controle...) através de materiais tipo P ou tipo N, "caminhando" através de portadores, sejam eles **elétrons livres** ou **buracos** (já vimos isso nas "Aulas" específicas, sobre DIODOS e TRANSÍSTORES...), criados industrialmente pela conveniente purificação e posterior "dopagem" do silício (e, eventualmente, de outros materiais, como o germânio, o gálio, etc.).

Quando estudamos o DIODO, vimos que o componente não é mais do que uma espécie de "rua de mão única" para a Corrente, já que permite sua praticamente livre

passagem **num** sentido, vedando-a, quase que completamente, no sentido oposto... Já quando estudamos os TRANSÍSTORES bipolares comuns, vimos que o cuidadoso uso de três blocos semicondutores, em "sanduíche", além de diferenças na aplicação estudada de impurezas ("dopagens") em alguns desses blocos, permitem a elaboração de conjuntos NPN ou PNP, capazes de funcionar como amplificadores proporcionais (e com regiões lineares) de corrente... Dessa maneira, num transístor de ganho (fator de amplificação) 200, por exemplo, se aplicarmos, ao seu eletrodo de entrada ou de controle (**base**), uma corrente de - digamos - 1 mA, podemos obter o comando de uma corrente de 200mA no seu circuito de saída (**coletor**). Se aplicarmos 2 mA, podemos "puxar" 400mA na saída, e assim por diante...

Existe um terceiro ramo nessa importante "família", formado pelos TIRÍSTORES, ou RETIFICADORES CONTROLADOS DE SILÍCIO... O "apelido" que damos a tais componentes é SCR, das iniciais do termo em inglês: **Sillicon Controled Rectifier**. Sob muitos aspectos, os SCRs funcionam "mais ou menos" como DIODOS e "mais ou menos" como TRANSÍSTORES (porém em amplificação tipo "tudo ou nada").

Como se tratam de componentes de larga utilização em circuitos e aplicações práticas, vamos, na presente "Aula", estudá-los com os devidos detalhes, apreciando as bases do seu funcionamento, construção e aplicações circuitais típicas.

No futuro, quando tais componentes forem eventualmente aplicados em circuitos e blocos mais "avançados", retornaremos ao assunto, ampliando e completando informações - se e quando - elas forem necessárias...

●●●●●

Fig. 10

- **FIG. 10** - Comparação das estruturas semicondutoras dos DIODOS, TRANSÍSTORES bipolares e TIRÍSTORES (SCR)... Enquanto o DIODO (10-A) apresenta uma única junção PN, permitindo a circulação da corrente (sentido convencional) de **anodo** para **catodo**, o transístor (no caso um PNP) tem o fluxo de corrente entre **emissor/coletor** condicionado pela corrente aplicada entre **base/emissor** (o transístor bipolar comum apresenta, então, **duas** junções semicondutoras...) e desde que a polarização de **base**, em Tensão, exceda o "degrau" de 0,6V do "diodo" **base/emissor** (fig. 10-B), sem o que não poderá haver corrente de excitação, e o componente não "liga" nem "começa" a atuar na sua chamada região linear... Já um SCR mostra uma estrutura semi-condutora interna com 4 camadas ou blocos, alternando-se a polaridade dos materiais (P-N-P-N)...
Nos extremos da "pilha" semicondutora, temos um terminal de **anodo** (A), ligado ao material P de uma das "pontas", e um terminal de **catodo** (K), conetado ao material N da outra ponta... Um terceiro terminal, chamado de **gate** (G) ou "porta" é ligado ao material P "interno" da "fila"... Observem o SÍMBOLO adotado para a representação esquemática do SCR, que se parece com o do DIODO comum, porém com um terminal saindo em "diagonal", correspondendo ao eletrodo de **gate** (G). Em poucas palavras, é assim que a "coisa anda": conforme ocorre num diodo comum, o terminal de **anodo** (A) deve ser ligado ao **positivo** de uma fonte de energia, enquanto que o **catodo** (K) deve ser ligado ao **negativo...** Entretanto, ao contrário do diodo, nessa ligação simples **não ocorre** passagem de corrente! Mesmo estando **diretamente polarizado**, o SCR não conduz corrente, a menos que apliquemos (ainda que por breve instante...) uma **polarização positiva** (com relação ao potencial de **catodo...**) ao seu terminal G de controle! Quando isso ocorre, o SCR entra em plena condução entre **anodo** e **catodo**, como se fosse um diodo comum! E tem mais: mesmo que o "estímulo", ou seja, a polarização **positiva** de **gate** seja então removida, o SCR, uma vez "disparado", assim continuará, conduzindo plenamente a corrente entre os terminais A e K! Simplificando: o funcionamento se dá como se houvesse uma "memória" no componente... Uma vez "gatilhado" pela aplicação da conveniente polarização positiva de **gate**, ele "travará" na condição de **ligado**! Para "desligar" o SCR (veremos isso com detalhes, mais adiante...) temos que remover, momentaneamente, todas as suas polarizações, ou seja: desligar a alimentação geral aplicada entre

anodo e **catodo**, ou (o que eletricamente é a mesma coisa...) colocar momentaneamente **anodo** e **catodo** sob o **mesmo** potencial (literalmente colocar em "curto" esses dois terminais...), casos em que o SCR novamente "proibe" a passagem de corrente entre **anodo** e **catodo**, ficando no "aguardo" de novo pulso de controle ou gatilhamento, positivo, a ser aplicado ao seu terminal G...

- **FIG. 11** - O SCR "por dentro" e por que ele funciona... Ser fizermos um "corte" hipotético, em diagonal, na "pilha" de materiais semicondutores P-N-P-N, no sentido ilustrado em 11-A e 11-B, teremos em cada "fatia" do hipotético corte, o equivalente semicondutor de um transístor PNP e um transístor NPN, cada um com seu "emissor, coletor e base"... Agora observem bem o diagrama 11-A: a "base" do "transístor PNP" encontra-se intrinsecamente ligada ao "coletor" do "transístor NPN", enquanto que a "base" do "transístor NPN" acha-se ligada diretamente ao "coletor" do "transístor PNP"! Podemos, a nível simbólico, re-esquematizar o conjunto conforme mostra o diagrama 11-C, que mostra o "circuito equivalente" a um SCR, como se este fosse realmente formado por dois transístores bipolares, um PNP e um NPN... Observem com atenção, que o **anodo** (A) do SCR, no caso, corresponderia ao "emissor do transístor PNP", o **catodo** (K) do SCR seria o "emissor do transístor NPN" e o **gate** (G) do SCR corresponderia à ligação do "coletor do PNP com a base do NPN"... Vamos, então, supor que o ponto A está ligado a uma polarização positiva, e o ponto K a uma polarização negativa... Aplicando-se ao terminal de controle G um pulso positivo (sob tensão maior do que 0,6V, para poder "vencer" a barreira de potencial natural da junção PN...), o "transístor NPN" entraria em condução, com o que seu "coletor" forneceria suficiente corrente de "base" (polarizando negativamente...) ao "transístor PNP"... Este, devidamente excitado, entraria também em condução, fornecendo, através do seu "coletor", suficiente corrente de "base" ao "transístor NPN", com o que o conjunto se manteria em condução plena, numa espécie de círculo vicioso ("eu te ajudo, você me ajuda"...). Dessa maneira, o sinal de "autorização", ou o pulso positivo inicial, poderia ser totalmente removido ou cancelado, que a estrutura se sustentaria a sí própria (enquanto a alimentação permanecesse aplicada a A e K...). Para interromper a condução "auto-sustentada" do conjunto, as únicas maneiras seriam desligar a alimentação estabelecida entre A e K, ou mesmo colocar A e K momentaneamente "em curto", com o que o momentâneo bloqueio das correntes internas do "elo" o colocaria de novo na "não condução", aguardando eventual novo pulso de "autorização" no terminal G do conjunto! Em termos simples e diretos, é EXATAMENTE ASSIM que um SCR funciona...!

- **FIG. 12** - Mas, por que o SCR **não conduz**, enquanto não recebe a polarização momentânea de "autorização" no seu terminal G...? É fácil de perceber... Notem que as 4 camadas semicondutoras de polaridades alternadas, constituem, na verdade, **três** junções: uma PN (formando o "diodo" D1), diretamente polarizada, uma NP (o "diodo" D2), **inversamente** polarizada e, finalmente, uma PN (estabelecendo o "diodo" D3), esta diretamente polarizada... Se redesenharmos o "esquema", simbolizando-o com os "diodos" D1, D2 e D3, é fácil notar que D2 está "atrapalhando", polarizado "ao contrário' e assim bloqueando a passagem da corrente entre A e K (podem ligar, experimentalmente, três diodos **mesmo**, na disposição indicada, e verificar "se passa" corrente...).

- **FIG. 13** - Vejamos agora por que a polarização (ainda que momentânea) de **gate**, permite "abrir a comporta" (e assim mantê-la...) à passagem total da corrente... A "chave", conforme já explicado,

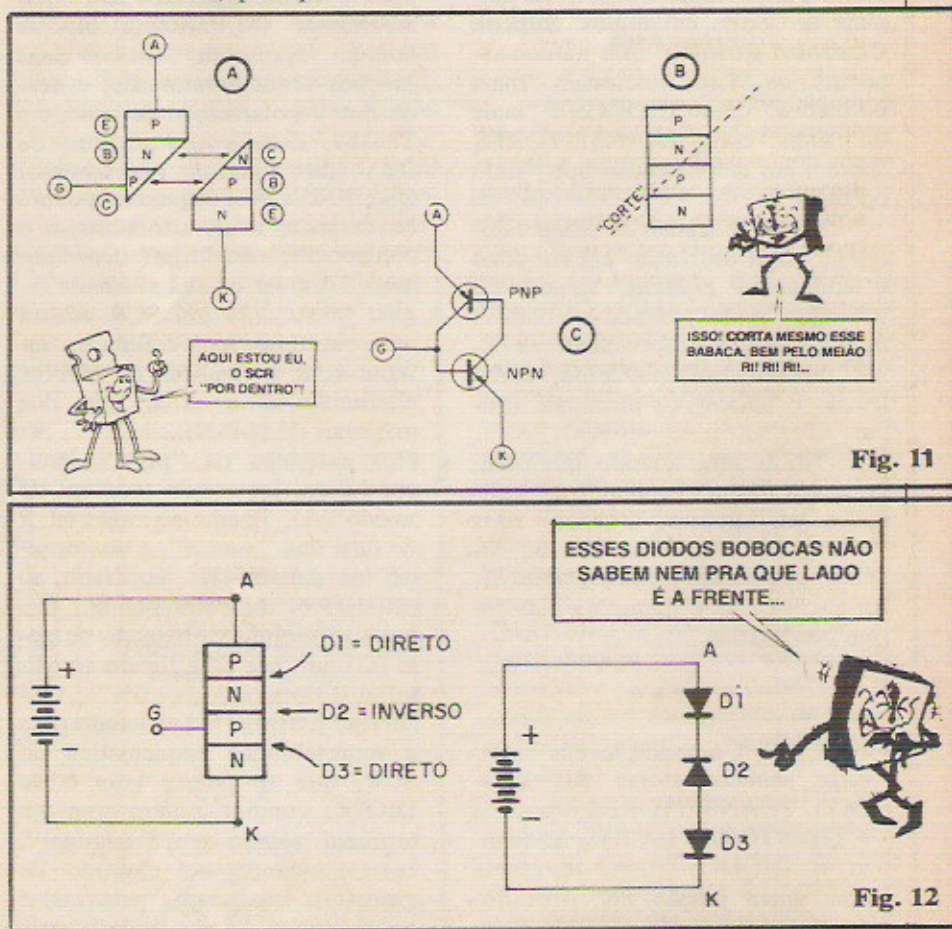



Fig. 11

Fig. 12

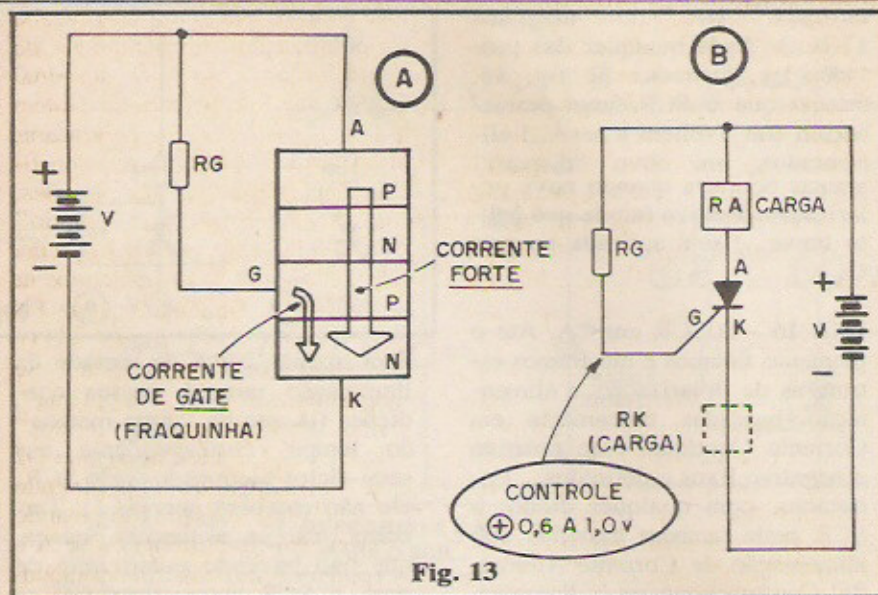



Fig. 13

é o terminal de **gate** (G). Devemos aplicar uma polarização **positiva** ao terminal G para colocar o SCR em condução plena... Entretanto, o que "vale" mesmo, é a necessária **corrente** de gate, ou seja: o fluxo que se desenvolve, a partir dessa polarização, entre **gate** e **catodo**. Como entre os terminais G e K tudo se passa como existindo um diodo comum "lá dentro", ou seja, aquela última junção PN claramente vista no diagrama 13-A, temos que levar em conta alguns limites e procedimentos: **primeiro**, se a Tensão aplicada não for superior a 0,6V (pode esse "degrau" chegar até a 1,0V, em alguns casos e componentes...), não haverá como "vencer" a junção PN entre gate e **catodo** (não existirá **corrente de gate** e o SCR não "disparará"...). **Segundo**: como todo e qualquer diodo, há um limite superior de corrente que **pode** ser aplicado à junção PN entre **gate** e **catodo**. Assim, o resistor de **gate** (RG) é essencial no controle de tal corrente, funcionando como limitador e prevenindo danos ao componente... Quando forem satisfeitas as necessidades do **gate**, a tensão a ele aplicada determinará uma corrente (fraca, devido à presença de RG) entre G e K... Essa corrente fraca é que gera o interessante fenômeno do "disparo" do SCR, já que ela como que "arrasta" portadores de correntes existentes na junção central (NP) do SCR... Isso faz com que tal junção (originalmente "invertida"...) se "desinverta", permitindo assim amplo fluxo de corrente... Daí por diante, o próprio fluxo mantém os portadores "fora da barreira", com o que ela é permanentemente "vencida", não havendo mais a necessidade da "correntinha" de gate para "gatilhar" o sistema! Para fazer com que os portadores de corrente novamente retomem suas posições na forte barreira de polarização inversa (junção central NP), só mesmo cortando toda e qualquer corrente através de todo o "totem" semicondutor (como já vimos, ou cortando momentaneamente a alimentação geral entre **anodo e catodo**, ou colocando por um momento esses dois terminais em curto, que eletricamente, "dá no mesmo"...). NÃO PODEMOS, CONTUDO, NOS ESQUECER que o SCR , "como um todo", também tem seus limites naturais de corrente, que não podem ser ultrapassados, senão o componente "frita"... Assim, a estrutura até agora mostrada, de **anodo** (A) ligado diretamente ao **positivo** da alimentação, e **catodo** (K) diretamente ao **negativo**, obviamente que **NÃO PODE** ser usado na "vida real" (o SCR "torraria" todas as suas junções internas, pelo nítido excesso de corrente...). **O normal** é que apliquemos a CARGA (componente, dispositivo, circuito, etc., que "gaste" corrente...) no circuito de **anodo** do SCR, como no diagrama 13-B (RA). Em outros termos o "resistor" RA (ou a "carga"...) é o elemento que "aproveita" a Saída

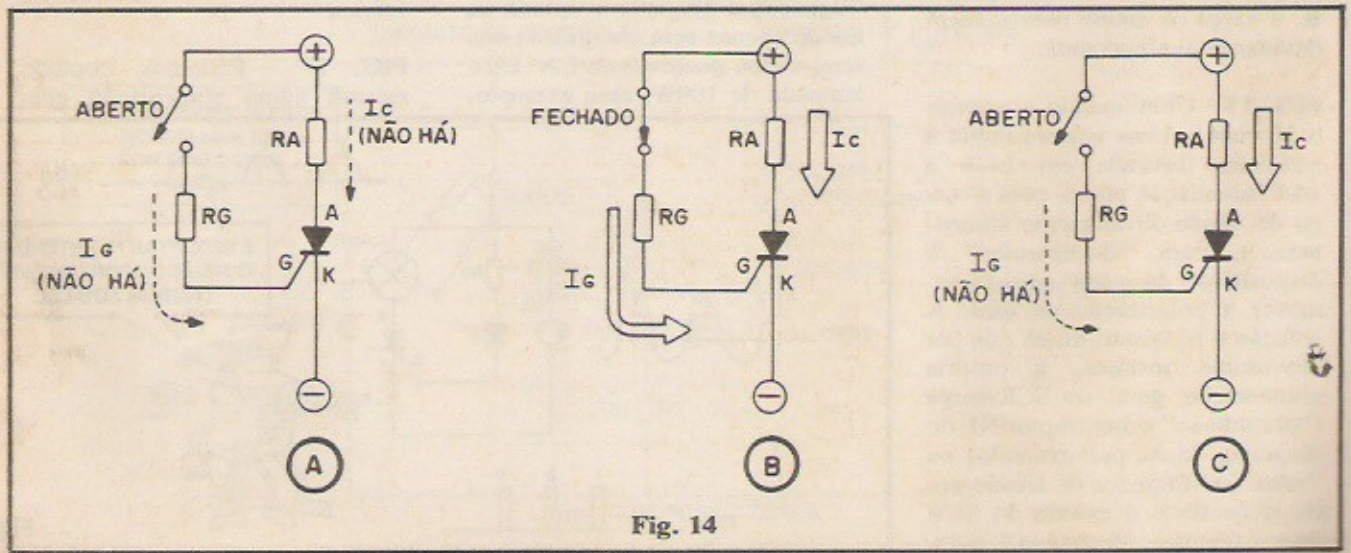



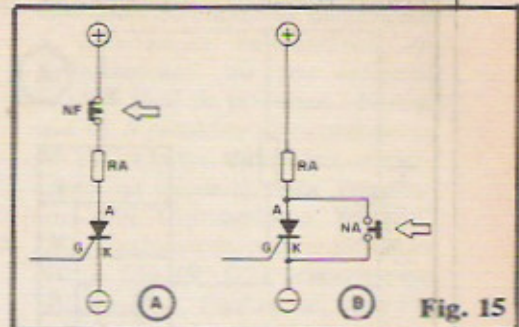
Fig. 14

do SCR, e sobre o qual se desenvolve a corrente quando o SCR está "ligado"... É possível, também, aplicar-se a "carga" no circuito de **catodo** (na posição RK, no diagrama...). Ocorre, porém, um "probleminha" aí... Se a "carga" estiver entre o **catodo** (K) e o **negativo** da alimentação (posição RK no diagrama 13-B...), a diferença de potencial (tensão) desenvolvida sobre ela (pela corrente que a percorrerá) terá que ser "somada" ao limiar de 0,6V necessários ao chaveamento do **gate**. Nessa condição, então, o SCR torna-se "menos sensível", porém é possível dimensionar-se as "coisas" para que o arranjo também funcione direito, nessa maneira...

- **FIG. 14** - Resumindo o que já foi visto até agora... O SCR funciona, então, como um "interruptor eletrônico". Enquanto o terminal de controle G estiver **sem polarização** (sob potencial ou tensão equivalente à do **catodo**, por exemplo...), como em 14-A, praticamente não haverá corrente sobre a carga acoplada ao **anodo**, na posição RA... Ao ser aplicada (normalmente via resistor RG de limitação...) a conveniente polarização **positiva** ao **gate**, o SCR "dispara", começa a conduzir intensamente, provendo de corrente a "carga" RA... A "memória" semicondutora do componente, então assume seu papel, de modo que (como em 14-C) mesmo removendo-se a polarização de **gate**, a carga de **anodo** permanecerá devidamente alimentada...

- **FIG. 15** - Continuando a resumir o já visto... Uma vez assumida a condição ilustrada em 14-B e 14-C (condução plena, com a carga de **anodo** devidamente alimentada...), para "desligarmos" o dispositivo, de nada adianta remover a polarização de **gate**! A solução é bloquear, ainda que por brevíssimo instante, a própria alimentação geral do SCR/carga ("abrindo-se" o interruptor NF do diagrama 15-A, por exemplo) ou "zerar" a diferença de tensão entre o **anodo** e o **catodo** do SCR (por exemplo, "fechando" o interruptor NA do diagrama 15-B...). Após qualquer das providências ilustradas na fig. 15, mesmo que o SCR/carga permaneçam (ou "voltem a ser"...) alimentados, um novo "disparo" apenas ocorrerá quando nova polarização **positiva** (ainda que muito breve...) seja aplicada ao **gate** G.

Fig. 15

- **FIG. 16** - O SCR em CA. Até o momento falamos e mostramos estruturas de polarização e alimentação baseadas unicamente em Corrente Contínua, com **positivo** e **negativo** fixos e definidos... Entretanto, com qualquer diodo, o SCR pode também trabalhar sob alimentação de Corrente Alternada! Conforme mostra o diagrama, a carga/lâmpada acoplada ao **anodo** pode ser controlada pelo SCR, bastando lembrar de alguns pequenos cuidados e condições... **Primeiro**: sob nenhuma hipótese, num SCR, o terminal de **gate** G pode ficar, ainda que momentaneamente, **negativo** com relação ao **catodo** K... Assim, se mesmo o sinal de controle for aproveitado da eventual alimentação CA (como no diagrama), é **importante** intercalar-se o diodo D de proteção, de modo que apenas condições **positivas** possam atingir o terminal G. **Segundo**: notem que um SCR é um dispositivo de "mão única", ou seja: ele **não conduzirá** corrente quando seu **anodo/catodo** se encontrarem **inversamente** polarizados! Assim, no caso do arranjo, mesmo mantendo-se o SCR "ligado", a lâmpada acoplada ao **anodo** apenas será energizada nos semi-ciclos **positivos** da CA! Uma lâmpada de 100W, num exemplo, dará apenas cerca de **metade** da iluminação normal, nessas condições (já que na "outra metade" do tempo, correspondente aos semi-ciclos bloqueados pelo SCR, ela não receberá energia...). **Terceiro**: não se esqueçam, **nunca**, que não havendo polarização de **gate**, o SCR automaticamente se desliga **sempre** que a Tensão entre seu **anodo** e **catodo** "zerar"! Na Corrente Alternada da tomada (110 ou 220V), a cada 1/120 de segundo a Tensão "transita por zero" e, nesse exato instante, o SCR alimentado é desativado automaticamente... No arranjo simplificado mostrado na figura, contudo, assim que - no semi-ciclo positivo - a tensão novamente "ultrapassar" os 0,6 a 1,0V do "limiar" de disparo, o pulso alcançará o **gate** (via proteções feitas por RG quanto à corrente e por D quanto à polaridade...), novamente "ligando" o SCR... Observem com atenção as "formas de onda" e a polaridade dos pulsos e condições, na Entrada de energia, na lâmpada e no **gate**, referenciando-se pelos "momentos" 1,2,3...

- **FIG. 17** - Podemos, contudo, mesmo numa alimentação geral

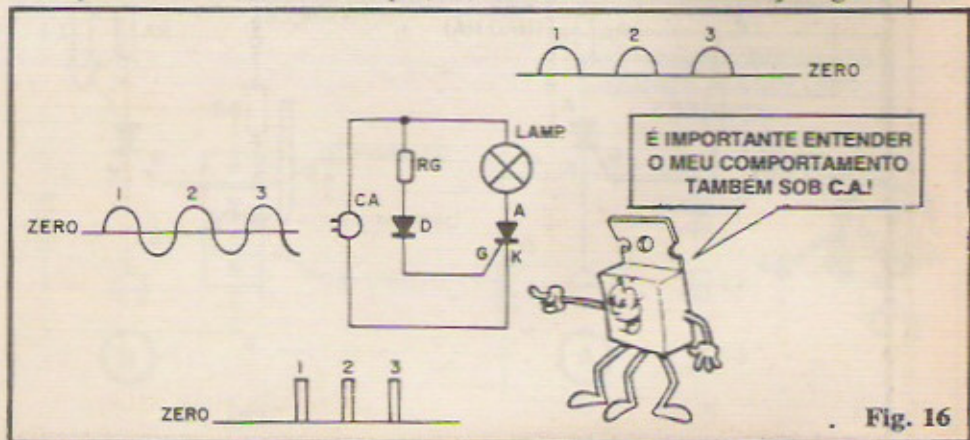



Fig. 16

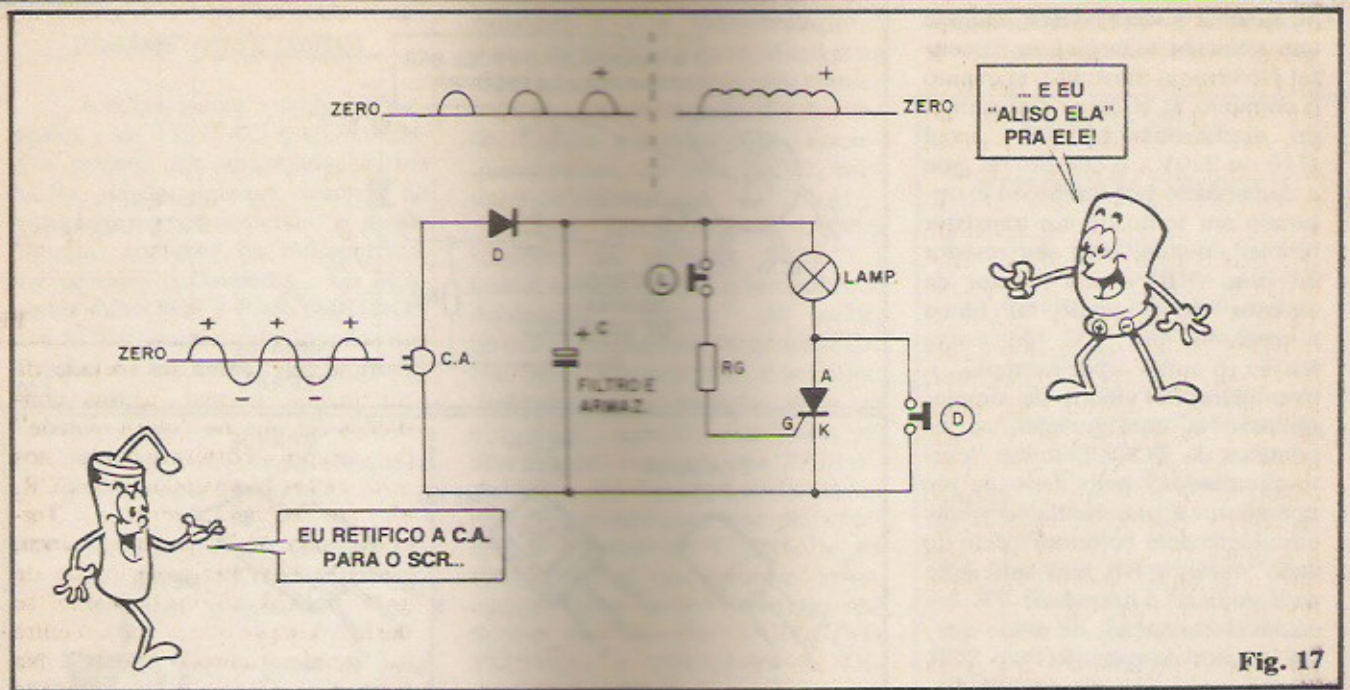



Fig. 17

em C.A., "fugir" do desligamento automático do SCR nos "instantes de zero volt" da senóide, simplesmente apelando para nossos "velhos companheiros" (estudados nas "Aulas" 3 e 2...), o DIODO retificador e o CAPACITOR ELETROLÍTICO "filtrador" e "armazenador"... No arranjo básico mostrado, notem que embora a alimentação geral seja proveniente de uma tomada de C.A., o conjunto SCR/carga (Lâmpada) é, na verdade, mantido sob CC... Onde obtemos a CC...? Observem os gráficos das formas de onda: depois do DIODO D retificar a C.A. ("deixando passar" apenas os semi-ciclos positivos...), o CAPACITOR C, de alto valor, armazenando a energia dos pulsos, estabelece uma "razoável" CC nos seus terminais, ou, seja: um nível mais ou menos permanente, e de polaridade constante, de energia... Nesse caso, "fechando-se" momentaneamente o interruptor "L", o SCR "liga", alimentando a lâmpada, que então permanece acesa, mesmo após a liberação do interruptor "L"... Para desligar o sistema, temos que "apertar" o botão do interruptor "D", com o que a polarização entre anodo/catodo do SCR é momentaneamente removida, bloqueando a condução, até que nova "autorização" seja dada, via interruptor "L"...

- FIG. 18 - Só pelos exemplos/diagramas até agora mostrados, já deve ter dado para o Leitor/"Aluno" perceber que os SCRs podem trabalhar sob amplas gamas de Tensões e Correntes, alimentados desde por simples conjuntos de pilhas (baixas tensões CC) até diretamente pela CA domiciliar (altas - relativamente - tensões CA...). Mais adiante falaremos sobre os PARÂMETROS e LIMITES dos SCRs... Por enquanto, vale ressaltar que a boa sensibilidade de gate dos SCRs permite, facilmente, o comando do disparo através de um circuito com-

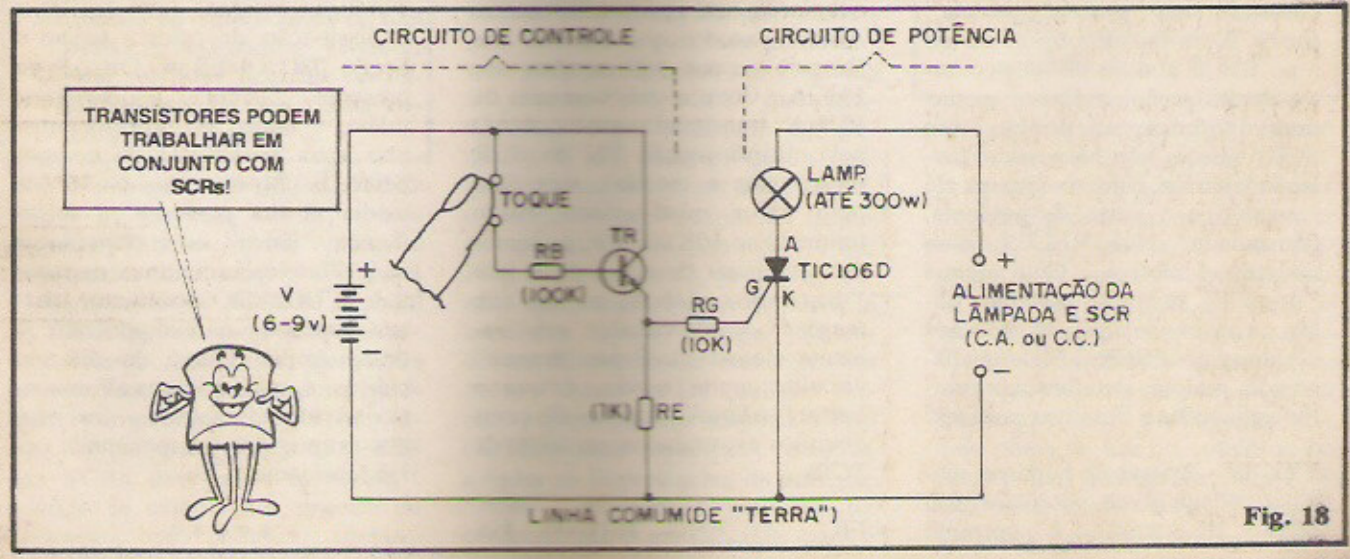
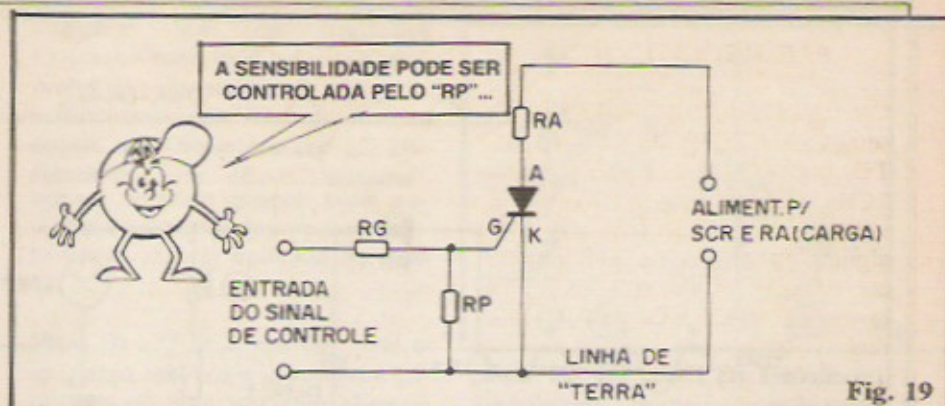
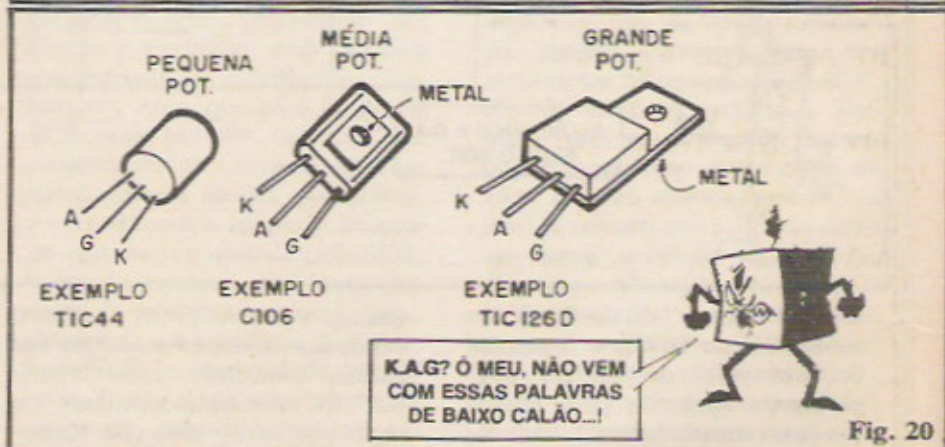



Fig. 18

pletamente independente daquele que alimenta a carga propriamente! No arranjo mostrado, enquanto o conjunto SCR/carga é alimentado diretamente pela CA local (110 ou 220V), o circuito de **gate** é comandado por um bloco estruturado em torno de um transístor bipolar comum, com seu resistor de **base** (RB) e seu resistor de **emissor** (RE), sendo tal bloco alimentado por CC de baixa tensão (6 ou 9V - por exemplo...), eventualmente vindos de simples pilhas! Na configuração, se os contatos de TOQUE forem "curto-circuitados" pelo dedo de um operador, a minúscula corrente circulante pelo conjunto "pele do dedo"/resistor RB será suficiente para colocar o transístor TR em razoável condução, de modo que, via resistor de **gate** (RG), o SCR receba o conveniente sinal de disparo, fazendo com que a lâmpada (no seu **anodo**) acenda! O arranjo é realmente funcional, bastando implementá-lo com os valores entre parênteses atribuídos aos resistores, e usando no lugar de TR qualquer NPN de aplicação geral (como o BC548...). Notem, porém, a **obrigatoriedade** da linha **comum**, de "terra", existente entre os blocos de CONTROLE e de POTÊNCIA! Podemos, à vista do apresentado, considerar o SCR como uma espécie de "RELÊ ELETRÔNICO", uma vez que, em ambos os casos (SCR e RELÊ...) uma "pequena" aplicação de energia (no SCR aplicada ao **gate** e no RELÊ à bobina...) comanda uma "grande potência" (no SCR em seu circuito de **anodo** e no RELÊ através de seus contatos de utilização...). Existe apenas **uma** diferença: no arranjo com SCR, básico, não há perfeita isolação elétrica entre o sistema de comando e a parte de potência, comandada! Nos RELÊS, essa isolação é efetiva... Com alguns "truques", contudo, podemos obter razoável isolação, mesmo nos circuitos com SCR... Veremos isso com maiores detalhes, em futuras aplicações e circuitos práticos.

Fig. 19

Fig. 20

- FIG. 19 - Apesar de poderem manejar consideráveis potências, sob níveis de tensão e corrente também bastante "fortes", os SCRs são dispositivos inerentemente **muito sensíveis**... Assim, se a tensão normalmente aplicada entre **anodo** e **catodo** for relativamente elevada, a pequeníssima Corrente de FUGA que percorrerá as quatro "camadas" semicondutoras do componente **pode** "simular" uma suficiente "corrente de gate" capaz de colocar o SCR em condução... Nesses casos, para manter o SCR desligado, convém acoplar-se um resistor RP (entre **gate** e **catodo**) que oferece um "desvio" para tal corrente de FUGA. Com a tal corrente de FUGA transitando então, NÃO pela última junção PN do SCR (entre **gate** e **catodo**), mas SIM pelo valor relativamente baixo (entre 1K e 10K) de RP, podemos nos assegurar de que o SCR não "disparará sozinho", mesmo sob tensões anodo/catodo relativamente elevadas... É um "truque" circuital muito usado, e que o Leitor/"Aluno" verá em diversos circuitos estruturados em torno de SCRs...

- FIG. 20 - O JEITÃO DA "CRIANÇA"... As aparências mais comuns, respectivamente para SCRs da pequena, média e alta potência, são mostradas na figura, juntamente com a "ordenação" costumeira dos terminais (e mais alguns exemplos de códigos comerciais em cada categoria...). Nos SCRs de pequena potência, a "embalagem" é muito parecida com a de transístores universais comuns... Já nos de média ou alta potência, as inevitáveis áreas metálicas externas (que facilitam a dissipação de calor - vejam a Seção TRUQUES & DICAS da presente "Aula"...) ressaltam (além, é claro, do próprio tamanho mais avantajado do componente...). Mesmo nos SCRs de média e alta potência, a semelhança "física" com transístores mais "bravos", continua marcante... CUIDADO, portanto, para não confundir os componentes (a única forma prática de diferenciá-los, é pelos códigos alfanuméricos identificatórios, inscritos nos corpos dos componentes, pelos fabricantes...).

●●●●●

PARÂMETROS E LIMITES

Amplas gamas - como já dissemos - de TENSÃO e CORRENTE podem ser manejadas pelos SCRs, desde algumas dezenas de volts até várias centenas, e desde algumas centenas de miliampéres, até dezenas de ampéres... Os principais LIMITES e PARÂMETROS dos SCRs (sempre relacionados nas Tabelas e **Data Books** dos fabricantes...) são:

ID - Máxima Corrente Direta que o componente "suporta".

PIV - Máxima Tensão Inversa (pico) que o SCR pode "segurar" sem "romper-se".

VG - Tensão que o pulso de **gate** deve ter (mínima) para "vencer" as junções internas do SCR e determinar o seu "disparo". Tipicamente fica entre 0,6V e 3,0V.

IG - Máxima Corrente de **gate**. Determina, basicamente, a própria "sensibilidade" do componente, e pode ser facilmente controlada pelo resistor (RG) de **gate**, conforme já explicado. Tipicamente (dependendo da própria potência final manejável pelo componente) fica entre 0,2mA até cerca de 20mA. Os SCR de pequena potência são inerentemente mais sensíveis, precisando de uma menor Corrente de **gate** (menos de 1mA). Já os de alta potência costumam requerer uma ou duas dezenas de miliampéres para um pleno comando do "disparo"...

Na Seção ARQUIVO TÉCNICO da presente "Aula" temos algumas Tabelas muito amplas e importantes, incluindo os códigos e os parâmetros de SCRs (e também de TRIACs, sobre os quais falaremos adiante...). De qualquer modo (e isso acontece com todo e qualquer componente eletro-eletrônico...) NENHUM DOS LIMITES dos SCRs deve ser "estourado", quando se calcula um circuito ou aplicação, caso contrário, inevitavelmente, a peça "solta fumaça"... Nas EXPERIÊNCIAS e Montagens menos pretenciosas, convém manter tudo abaixo da **metade** dos limites de Tensão e Corrente (e, consequentemente, de Potência...), prevenindo problemas...

Nos TRUQUES & DICAS (também da presente "Aula"...) temos outras informações sobre a dissipação "forçada" do calor, quando precisarmos fazer um SCR (ou outro componente...) trabalhar "relando" seus limites... Não se esqueçam, **nunca**, que **todas** as abordagens contidas nas "Aulas" do ABC são **importantes**, e assim não é conveniente "dar atenção" apenas à parte de TEORIA e de PRÁTICA, já que valiosas informações estão sempre inseridas nas Seções da "cozinha" (ARQUIVO TÉCNICO e TRUQUES & DICAS...).

●●●●●

EXPERIÊNCIA

(USANDO UM SCR...)

Mais uma EXPERIÊNCIA, simples, barata e extremamente válida para o Leitor/"Aluno", já que permite a verificação "ao vivo" do funcionamento de um SCR, notadamente do seu efeito de "memória", ou seja: a manutenção do estado "ligado" mesmo após a remoção do "estímulo" que o gatilhou!

Como sempre, são poucas as peças (já que trata-se de uma EXPERIÊNCIA e não de uma montagem definitiva, para uso prático...) e as próprias ligações são descritas no sistema "sem solda" (permitindo total reaproveitamento das peças...). É até possível que o (pequeno) total das peças necessárias, o Leitor/"Aluno" tenha que adquirir **apenas** o SCR (ver LISTA DE PEÇAS, a seguir...), já que os demais componentes eventualmente já constarão do seu "estoque" utilizado em Experiências anteriores do nosso "Curso"... De qualquer maneira, quem preferir adquirir o PACOTE/AULA específico, relativos a **todas** as Experiências da presente "Aula", receberá o conjunto de componentes e implementos para a Experiência do SCR e também para a verificação do Zener.

LISTA DE PEÇAS

(EXPERIÊNCIA COM SCR...)

- 1 - SCR (Retificador Controlado de Silício) TIC106 (qualquer letra em sufixo, mas de preferência o TIC106B, ou "C", ou "D", que permitirão, no futuro, o reaproveitamento em montagens alimentadas pela C.A. domiciliar...).
- 1 - Lâmpada pequena, para 6 volts x 40 a 100mA
- 1 - Soquete específico para a lâmpada (ATENÇÃO: se esta for do tipo com terminais em "rabicho", o soquete **não** será necessário).
- 1 - Resistor 100K x 1/4W (marrom-preto-amarelo)
- 1 - Suporte para 6 pilhas pequenas, ou um "clip" para bateria "tijolinho" de 9V
- 1 - Pedaço de barra de conetores parafusados (tipo "Sindal") com 6 segmentos
- - Fio para ligações

DIVERSOS/OPCIONAIS

- - Para a confecção do "**link**", o Leitor/"Aluno" precisará ainda de fio condutor bem fino, podendo ser aproveitado aquele de cobre esmaltado "furtado" de um velho transformador desmontado. Não há necessidade específica de que o condutor seja isolado...

- **FIG. 21** - Esqueminha do circuito experimental... O Leitor/"Aluno" já conhece bem todos os símbolos dos componentes, bem como o método de "leitura" de um diagrama... A única "coisa esquisita" que tem na figura, é aquela linha ondulada, entre os pontos "L-L", denominada **link** (significativamente, em inglês o termo quer dizer "elo" ou "ligação"...). Não passa de um fio condutor, fininho, nem precisa ser isolado, e que será usado como "sensor" (detalhes mais adiante...). Como o

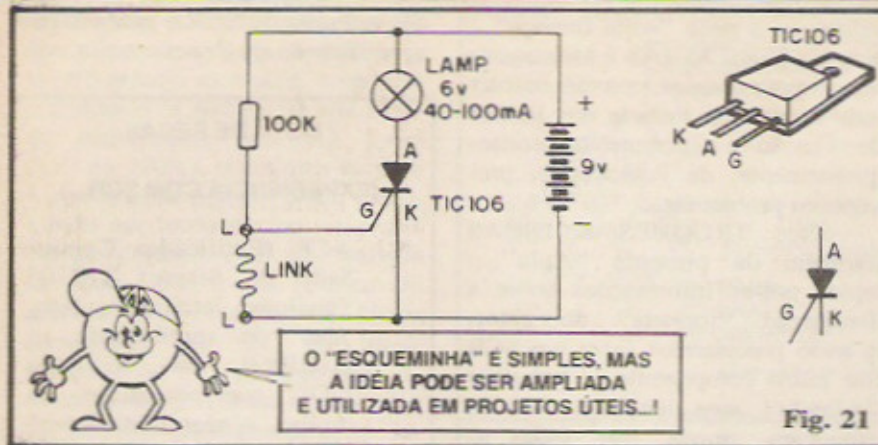



Fig. 21

único componente polarizado da montagem é o SCR (TIC106), este também é mostrado em detalhe, na figura, com a aparência, pinagem e símbolo enfatizados, de modo que Vocês possam desde já ir "decorando" tais importantes conceitos "visuais".

- **FIG. 22** - "Chapeado" da montagem, tendo como substrato a "velha" barra de conetores parafusados... Observar bem as conexões do SCR (já que suas "pernas" têm "nomes" e funções específicas, não podendo ser ligadas ao circuito em outra ordem que não a mostrada...). Cuidado também com a polaridade da alimentação, costumeiramente codificada pela cor **vermelha** no **positivo** e **preta** no **negativo**. Quem quiser (não é obrigatório, mas pode acrescentar um certo "conforto") intercalar um interruptor simples, deverá fazê-lo justamente no percurso do **positivo** da alimentação (ponto indicado pela seta). Notar a numeração atribuída aos segmentos da barra principal, e que ajuda a achar "o que está ligado onde"... Finalmente, verificar a barra secundária ("L-L") que destina-se à conexão do **link** (e cuja função será explicada a seguir...).

- **FIG. 23 - SEQUÊNCIA DA EXPERIÊNCIA** - Conforme foi dito, o tal **link** funciona como uma espécie de sensor... É um simples condutor (percorrido, normalmente, por **baixíssima** corrente...) que, ao ser rompido (quebrado) devido a qualquer esforço mecânico, ocasiona o "disparo" do circuito! Observando novamente as figuras 21 e 22, o Leitor/"Aluno" recordará que o SCR, para entrar em condução pleno, precisa de um "impulso" de polaridade **positiva** no seu terminal de **gate**... Notem que o terminal G encontra-se, em "espera", aterrado, ou negativado, pela própria ação do **link**... Nessa situação, a presença do resistor de 100K entre o terminal de **gate** e a linha do **positivo** da alimentação "não fede nem cheira"... Quando, porém, o **link** é rompido, o terminal G "liberta-se" da linha do **negativo**, e passa, imediatamente, a receber a conveniente polarização **positiva** (via resistor de 100K). Com isso o SCR "dispara", energizando (acendendo) a pequena lâmpada acoplada ao seu circuito de **anodo** (A). **OBSERVEM ALGUNS IMPORTANTES CONCEITOS**: depois do SCR "disparado", de nada adianta "recompor" o **link** (o que equivale a remover a polarização positiva de **gate**...), pois o componente continuará em "condução", graças à sua "memória" semicondutora...! Para novamente apagar a lâmpada, temos que momentaneamente desligar a própria alimentação (nesse caso, o interruptor opcional pode mostrar seu valor...). Outro item que pode chamar a atenção do Leitor/"Aluno": porque a lâmpada é para 6V, enquanto que a alimentação geral está em 9V...? É simples: as junções semicondutoras internas do SCR determinam uma "queda de voltagem" inerente (que pode chegar a 2 ou 3V, em alguns casos...), assim como ocorre num simples diodo... Assim, para que a lâmpada possa acender plenamente, temos que "descontar" essa queda quando da determinação da sua tensão de trabalho (com relação à de alimentação...). Final-

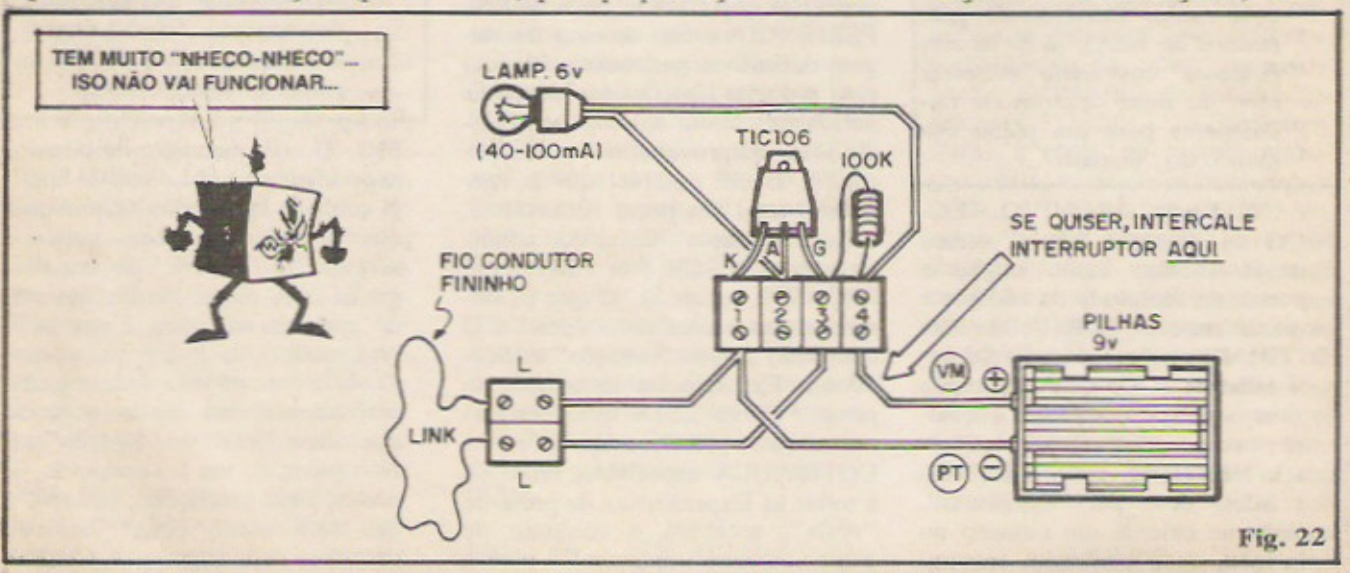



Fig. 22

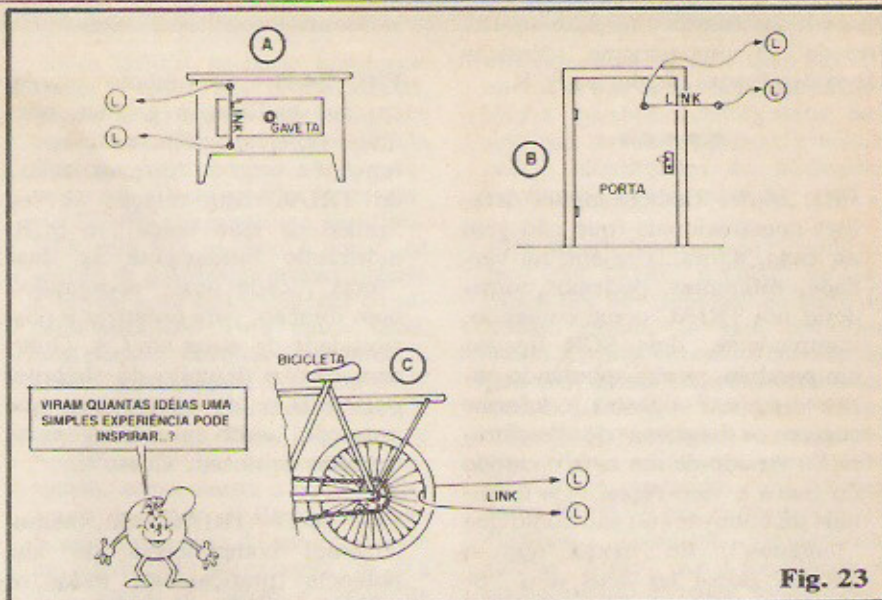
mente, alguns de Vocês objetarão que: não devia ser ligado o terminal G à linha do **negativo** (já que foi dito que uma polarização **negativa** de gate pode causar dano ao SCR...). Explicamos: o **gate** G **não pode ficar negativo** com relação ao catodo. No caso do **link** entre G e K, a única consequência é colocar-se o **gate** no **mesmo potencial** de catodo! Dois pontos sob o **mesmo** potencial ou nível de tensão (e sob a mesma polaridade...) não admitem, entre eles, circulação de Corrente, e assim não há possibilidadre de dano ao componente! Quanto a utilizações práticas do **link**, os itens "A", "B" e "C" da fig. 23 dão algumas interessantes "dicas":

Fig. 23

- **23-A** - Se o **link** for fixado "protegendo" a parte frontal de uma gaveta, se esta for aberta, romperá o fio e o SCR acionará a lâmpada "acusadora". Não adianta religar, depois, o fio, pois a lâmpada continuará acesa, indicando a intrusão...

- **23-B** - Uma interessante variação da primeira idéia: estabelecendo o **link** entre a "folha" e o batente de uma porta, ao ser aberta esta, o **link** se rompe, acionando a lâmpada "alarme"! Com isso o Leitor/"Aluno" pode facilmente monitorar e fiscalizar a eventual "invasão" do seu quarto, na sua ausência...

- **23-C** - Você não quer que seu irmãozinho (aquela peste...), use a sua bicicleta... Ele insiste em fazê-lo, mas sempre "jura que não pegou"... O circuitinho da Experiência permite fiscalizar esse "abuso": basta estabelecer o **link** de modo a envolver uma das rodas da dita bicicleta. Ao levar a "magrela", seu maninho romperá o fio sensor, fazendo com que a lâmpada do circuito ligue, **provando** (quando Você chegar...) o uso não autorizado da sua amada **bike**.

Notem que, em qualquer dos exemplos aplicativos da fig. 23, o fio sensor (**link**) pode (e deve...) ser bem fininho, quase "invisível" (a corrente que normalmente por ele passa está na casa dos **microampéres**...), o que contribuirá para a eficiência da "fiscalização" e para o aspecto "secreto" da montagem! O Leitor/"Aluno" do ABC (que se não **era**, **ficou** "esperto"...) pode imaginar "mil" variações e adaptações das idéias básicas, inclusive no aproveitamento **sério** da estrutura circuital básica da Experiência...

O TRIAC...

(TIRÍSTOR DE "MÃO DUPLA"...)

Um SCR, uma vez "ligado", age como se fosse um simples DIODO, ou seja: para todos os efeitos deixa passar "tudo" numa direção, e bloqueia a corrente na direção oposta. Apenas estando o terminal de **anodo** (A) **positivo** com relação ao **catodo** (K) será possível o livre trânsito da corrente...

Assim, se aplicado em circuitos naturalmente alimentados por CA, um SCR "deixa passar" apenas os semi-ciclos que se apresentarem na correta (direta) polaridade... Se a "carga" energizada pelo dito SCR for puramente **resistiva** (caso de uma lâmpada, por exemplo...) isso pode ser aceito, uma vez que a consequência será apenas uma redução na **Potência Média** aplicada à tal carga... Um aquecedor elétrico ou uma lâmpada do filamento, simplesmente trabalharão a "meia força", se chaveados direta e unicamente por um SCR...

Entretanto, diversos tipos de aplicação, praticamente **exigem** a aplicação **total** da CA, em ambos os seus semi-ciclos (chamamos tecnicamente essa "exigência" de ALIMENTAÇÃO CA EM **ONDA COMPLETA**). É o caso de **motores** e outras aplicações indutivas... Embora possamos organizar circuitos (e os Leitores/"Alunos" verão alguns, nos futuros Exemplares/"Aula" do ABC) com SCRs, "apoiados" com redes de diodos comuns e outras "mumunhas", de modo a adequar a sua utilização sob C.A. "plena", a coisa não é muito prática...

Visando justamente suprir esse tipo de aplicação, foi desenvolvido industrialmente um Retificador Controlado de Silício de "Mão Dupla", ao qual se deu o nome de TRIAC (abreviação do termo "Tirístor de Corrente Alternada", em inglês...). Este, na prática, não é mais do que um SCR que, pela sua disposição interna, permite (quando "ligado"), a livre passagem da corrente em **ambos** os sentidos, tornando-se, portanto, independente da polaridade.

A grande utilização desse componente em dispositivos os mais diversos (seja em aplicações domésticas, seja em equipamentos profissionais...) faz com que o TRIAC mereça um adendo especial na presente "Aula" sobre os TIRÍSTORES, ainda que as bases do seu funcionamento sejam (guar-

dada a sua "insensibilidade à polaridade"...) praticamente idênticas às já detalhadas quanto ao SCR...

●●●●●

- **FIG. 24-A** - Embora alguns detalhes construcionais (que não vem ao caso, agora...) sejam, na verdade, diferentes, podemos considerar um TRIAC como contendo, internamente, dois SCR ligados em **paralelo**, porém apontando para "direções" opostas, conforme sugere o diagrama de "estrutura"... **Anodo** de um com o **catodo** do outro e vice-versa... Os terminais de controle (G) são como que "juntados", de modo que o TRIAC possa ter seus dois "SCRs" internos "gatilhados" através de um único **gate**... Observem ainda que, como não há mais **polaridade** entre os extremos do arranjo, não podemos atribuir-lhes os nomes "tradicionais" de **anodo** e **catodo** (cuja "vinculação" com as polaridades respectivas - **positivo** e **negativo**, remontam à pré-história da Eletrônica, ao diodo de **De Forest**, uma velhíssima "válvula" de vidro com dimensões, peso e eficiência equivalentes a uma garrafa de cerveja...). Assim, os terminais extremos são denominados simplesmente "1" e "2", enquanto que o **gate** continua sendo o **gate**, simbolizado pela abreviação "G".

- **FIG. 24-B** - O símbolo guarda, em sua estilização gráfica, imediata correspondência com a função e com a "diferenciação" do TRIAC com relação ao seu "irmão de mão única", o SCR, mostrando nitidamente as duas "setas", cada uma "apontando" num direção, para enfatizar a possibilidade de atuar em CA. Guardem bem o desenho do símbolo, pois trata-se de componente que aparecerá **muito** em montagens no decorrer do nosso "Curso"...

- **FIG. 24-C** - TRIACs são, inerentemente, componentes de alta potência (praticamente todos os TRIACs "encontráveis" são capazes de manejar algumas centenas de Watts, Correntes de alguns Ampéres e Tensões de centenas de Volts...). Assim, nenhum deles pode ser pequenino, feito um transístor da série "BC"... A figura mostra a aparência mais comum do componente (da série TIC...), com a devida identificação dos terminais. A lapela metálica incorporada ao componente destina-se a facilitar a irradiação de calor (naturalmente gerado no funcionamento, devido às consideráveis potências manejadas...) e à eventual fixação de um dissipador metálico externo (detalhes na Seção TRUQUES & DICAS...).

Fig. 24

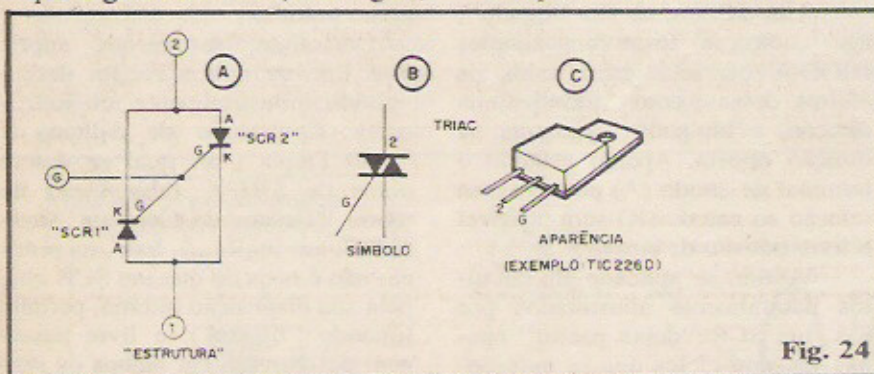
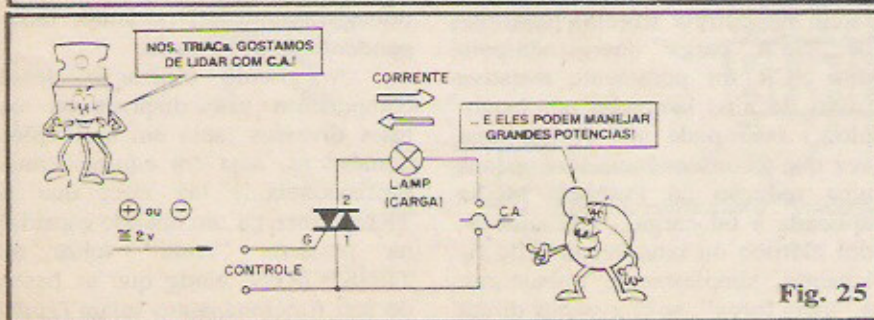
Fig. 25

- **FIG. 25** - Diagrama circuital básico, para utilização do TRIAC. Normalmente o componente fica intercalado entre a "carga" e a alimentação de C.A. (via seus terminais principais, "1" e "2"), enquanto que o sinal de controle ou de "autorização" é (como no SCR...) fornecido através do seu terminal de **gate** (G). Existe outra fundamental diferença no TRIAC (com relação ao SCR) justamente na polaridade do sinal de "disparo"... Sendo um dispositivo estruturado para trabalhar sob CA, tanto pulsos **POSITIVOS** quanto **NEGATIVOS** podem "gatilhá-lo"...! Essa característica facilita muito a circuitagem, de modo que o TRIAC possa ser disparado em qualquer dos semi-ciclos da CA... Em qualquer caso, a **Tensão** do sinal do disparo deve estar num nível aproximado de 2V e a **Corrente** de **gate** pode situar-se entre uma ou duas dezenas de miliampéres, até várias centenas de miliampéres (o que nos leva a raciocinar que TRIACs são, inerentemente, **menos** sensíveis do que SCRs...).

●●●●●

E como fazemos para DESLIGAR um TRIAC...? Nesse aspecto o TRIAC é idêntico aos SCRs. Apresenta a mesma "memória", ou seja: depois de "disparado", permanece "ligado" (mesmo que removida a polarização de **gate**...) **enqanto** houver suficiente **Tensão** entre seus terminais "1" e "2" (normalmente desenvolvendo uma **Corrente** através da "carga" controlada...). Se, contudo, a alimentação geral for "cortada", ou a **Tensão** entre "1" e "2" for "zerada" (mesmo que por brevíssimo instante...), imediatamente o TRIAC "desliga", bloqueando completamente (salvo uma pequena e inerente "fuga"...) a **Corrente**!

Fixemo-nos nesse ponto: O TRIAC "DESLIGA" QUANDO A **TENSÃO** ENTRE SEUS TERMINAIS "1" E "2" CAI A "ZERO"... Pois bem, sendo o TRIAC um dispositivo **especificamente** pa-

ra uso sob alimentação em C.A. (redes de distribuição de energia, para uso doméstico ou industrial...) e com esta apresentando, em cada ciclo completo, **dois** "instantes de zero volt" (na transição do semi-ciclo positivo para o negativo,e vice-versa...) inevitavelmente (se não for mantida, ou "re-fornecida" a polarização de **gate**...) o TRIAC se desligará, **duas vezes a cada ciclo** completo da C.A.!

Essa especial característica torna o TRIAC extremamente adequado (ele foi "inventado" **para isso**...) ao controle de motores e outras cargas indutivas "pesadas" que naturalmente precisem de C.A. para sua energização! Através do conveniente "trem" de pulsos no seu **gate** , sincronizado com a própria "ciclagem" da C.A., podemos fazer com que o TRIAC conduza, a **cada** semi-ciclo, apenas durante **uma parte** da duração total do evento (1/120 de segundo).

Assim, num circuito de controle específico, podemos fazer com que uma "carga" (um motor, por exemplo...) ainda que recebendo uma C.A. "legítima", com as devidas inversões de polaridade ocorrendo em ciclos a 60 vezes por segundo, apenas possa "aproveitar fatias" ou "pedaços" desses ciclos (o tamanho desses "pedaços" dependerá unicamente de "quando", durante um semi-ciclo, chegou ao **gate** o devido pulso de autorização...).

Com facilidade podemos, então, controlar a INTEGRAL de Energia aplicada à carga, simplesmente atrasando ou adiantando o pulso de disparo, dentro de cada semi-ciclo da C.A. Esse interessante "truque" circuital, lastreado nas próprias e intrínsecas características do TRIAC, é intensamente usado em controles de **Potência** diversos, como os **DIMMERS** (atenuadores para lâmpadas incandescentes) ou determinadores progressivos de VELOCIDADE para motores, etc.

O DIAC

(IMPORTANTE "COMPANHEIRO" DO TRIAC...)

- **FIG. 26-A** - Quando estudamos os diodos ZENER, no início da presente "Aula", vimos que o componente, quando inversamente polarizado, age como forte "barreira" à passagem da Corrente, enquanto esta não se apresentar sob Tensão **superior** ao referencial ZENER (Exemplo: um diodo ZENER para 30V só "abre a porta", no sentido de polarização inversa, quando a Tensão a ele aplicada igualar ou superar esses 30V!. Para "baixo" disso, nada passa...). Em polarização **direta**, o Zener "deixa passar" (como um diodo comum) tudo... Podemos estruturar um Zener para C.A. simplesmente "enfileirando" dois deles, **catodo** com **catodo** (como mostra o primeiro diagrama da figura...)! Raciocinem que, se ambos os **zeners** do arranjo tiverem um referencial - por exemplo - de 30 a 35V, apenas os "picos" e "vales" de uma C.A. aplicada ao conjunto (supondo essa C.A. com 110V...) conseguirão "vencer" as barreiras, proporcionando a circulação de corrente nos semi-ciclos correspondentes! Quando aí atrás falamos do disparo dos TRIACs em "momentos" específicos "dentro" dos semi-ciclos de uma C.A., já foi dada a "chave" para o que agora vamos ver... Uma C.A. (da tomada...) pelo próprio "desenho" da sua senóide (ver "Aula" nº 3) a cada "momento" apresenta um nível **diferente de Tensão**! Podemos, então, usando um arranjo semelhante ao do primeiro diagrama da figura, determinar o **exato instante**, dentro de cada semi-ciclo da C.A., em que um TRIAC deve disparar! Para tanto, foi industrialmente desenvolvido um componente chamado DIAC (Diodo de Corrente Alternada, com "ponto de disparo"), cujo símbolo vemos no segundo diagrama da figura, e cujo funcionamento corresponde ao dos dois **zeners** que se "confrontam" no primeiro diagrama...! A aparência dos DIACs é mostrada no último diagrama da figura... Notem que, tratando-se de componente obviamente **não polarizado**, pode ser indiferentemente ligado "daqui pra lá" ou "de lá pra cá", e assim não há nenhuma marcação identificatória dos seus dois terminais (apenas o eventual código alfanumérico do fabricante, inscrito no corpo da peça...).

- **FIG. 26-B** - Num arranjo circuital típico com TRIAC, o DIAC normalmente fica no "caminho" do pulso de disparo enviado ao **gate**, conforme ilustra a figura. No caso, a corrente de **gate** (IG) apenas poderá se manifestar quando a Tensão de Controle tiver um valor igual ou superior ao referencial do DIAC. Costumeiramente os DIACs são produzidos para Tensões entre 30 e 35V, por motivos práticos circuitais... Entretanto, veremos em futuras "Aulas", que o conveniente e inteligente uso de redes "atrasadoras" (formadas por simples Resistores e Capacitores, nas suas funções "temporizadoras" vistas na 2ª "Aula" do ABC) podem, com grande facilidade, auxiliar o DIAC no preciso comando de um TRIAC (fazendo com que o dito cujo dispare no "exato e maldito milisegundo" que desejemos...).

Enfatizamos: guardem **bem** todas as informações básicas fornecidas na presente "Aula", que são de extrema importância para o futuro! Veremos, ao longo do "Curso" do ABC , um "monte" de aplicações práticas dos conceitos ora estudados... Nunca esquecendo que SCRs e TRIACs **podem**, perfeitamente, serem "excitados" por circuitos de **baixa Potência** (que trabalhem sob Tensões e Correntes moderadas, portanto...), o "casamento" dessas chaves eletrônicas de alta capacidade, com circuitos baseados em simples transístores ou mesmo Circuitos Integrados (que veremos em futura "Aula" é perfeitamente possível e é - efetivamente - **muito** utilizado em arranjos circuitais os mais diversos! Veremos **também** isso, no devido tempo...

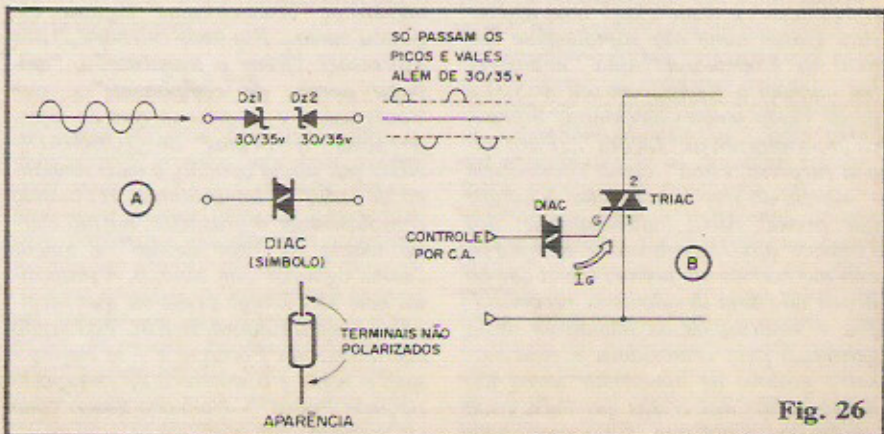
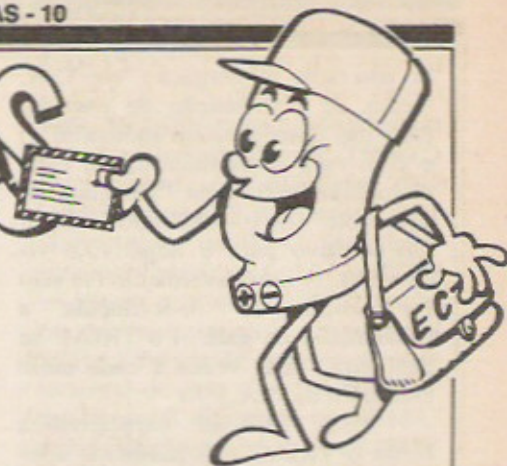



Fig. 26

COZINHA

A Seção de CARTAS da ABC destina-se, basicamente, a esclarecer pontos, matérias ou conceitos publicados na parte Teórica ou Prática da Revista, e que, eventualmente, não tenham sido bem compreendidos pelos Leitores/Alunos. Excepcionalmente, outros assuntos ou temas **podem** ser aqui abordados ou respondidos, a critério único da Equipe que produz ABC... As regras são as seguintes: (A) Expor a dúvida ou consulta com clareza, atendo-se aos pontos **já publicados** em APE. **Não** serão respondidas cartas sobre temas ainda não abordados... (B) Inevitavelmente as cartas só serão respondidas após uma pré-seleção, cujo crivo básico levará em conta os assuntos mais relevantes, que possam interessar ao maior número possível de Leitores/Alunos. (C) As cartas, quando respondidas, estarão também submetidas a uma inevitável "ordem cronológica" (as que chegarem primeiro serão respondidas antes, salvo critério de importância, que prevalecerá sobre a "ordem cronológica"...). (D) NÃO serão respondidas dúvidas ou consultas pessoalmente, por telefone, ou através de correspondência **direta**... O **único** canal de comunicação dos Leitores/Alunos com a ABC é **esta** Seção de CARTAS. (E) Demoras (eventualmente **grandes**...) são absolutamente inevitáveis, portanto não adianta gemer, ameaçar, xingar ou fazer beicinho: as respostas só aparecerão (se aparecerem...) quando... aparecerem!

Endereçar seu envelope assim:

Revista **ABC DA ELETRÔNICA**
Seção de **CARTAS**
KAPROM - EDITORA, DISTRIBUIDORA E PROPAGANDA LTDA.
R. General Osório, 157
CEP 01213 - São Paulo - SP

"Tenho acompanhado com atenção as "Aulas" do ABC, embora não seja mais um ***garoto****, como deve ser a grande maioria dos Leitores/"Alunos" (já "virei os 50"...). Sempre fui um grande interessado nas coisas da Eletrônica, porém nunca me resolvi a aprender* ***mesmo****, principalmente porque julgava as partes teóricas e "matemáticas" do assunto muito "pesadas" (minha formação acadêmica não tem* ***nada*** *a ver com Eletrônica - sou Administrador de Empresas...). Fui atraído na banca, pela capa engraçada, com os "bonequinhos" dos componentes e resolvi fazer uma tentativa... Gostei tanto que rapidamente adquiri os Exemplares/"Aula" anteriores (eu conheci a Revista em seu nº 5...) e desde então tenho colecionado e praticado ativamente as "Lições"... Para minha surpresa, estou - como Vocês dizem - "saindo do zero" no assunto! A Equipe que produz ABC, indistintamente, dos Técnicos aos Desenhistas e Redatores, está merecendo um* ***prêmio*** *(pena que no Brasil não seja devidamente reconhecidas e valorizadas as iniciativas desse gênero...) pela criatividade e pela maneira gostosa de apresentar temas tão densos! Uma das coisas que mais gosto na Revista é o Texto, livre,* ***muito*** *diferente do normalmente encontrado em publicações - ditas - técnicas... Nota-se uma mistura (aparentemente) "maluca" de profundos conhecimentos técnicos, com uma larga erudição em assuntos diversos, ao lado de uma linguagem coloquial, super-moderna, que comunica com grande facilidade pelo uso de gírias já mais do que incorporadas à língua, ao lado de termos nitidamente "inventados", porém tudo feito com inteligência... Mostrei meus exemplares a um amigo, executivo português (também Hobbysta de Eletrônica...) e, apesar do grande número de "brasileirismos" no texto, ele gostou muito... Riu (mas entendeu...) das expressões* ***"fritar o transístor"... "amputar pernas do componente"****..., que Vocês usam, e divertiu-se com as interferências "terroristas" do QUEIMADINHO (na minha opinião, o mais simpático de todos os bonequinhos, retratando com fidelidade o brasileiro, na sua eterna mania de "por defeito" e lançar "maus agouros" em tudo...). A propósito, esse meu amigo pediu-me que verificasse junto à Editora, se ABC está sendo distribuída em Portugal e - se estiver - qual o nome e o endereço do entreposto naquele País..." - Norberto Souza Lima - Campinas - SP*

Bem, Norberto... Depois de Você virar esse basculante de elogios em cima da gente, ficamos até meio "sem jeito"! Só podemos agradecer pelo reconhecimento do nosso trabalho e esforço, e afirmar que o único "prêmio" que realmente queremos e perseguimos é justamente **esse**: Vocês, Leitores/"Alunos", gostarem e aproveitarem ao máximo do conteúdo de ABC! Quanto ao "estilo" do Texto, pode estar certo de que não é "premeditado" ou "ensaiado"... Simplesmente aqui, entre nós da Equipe, **falamos e escrevemos assim** e não vemos o menor sentido em, ao elaborar a Revista, adotar uma falsa postura acadêmica ou "catedrática"... Consideramos que ENSINAR é, **antes de tudo**, SE FAZER **ENTENDER** e, para tanto, não reconhecemos nem aceitamos nenhuma limitação ou "regulamento", seja "gramatical", seja "matemático", seja didático... Temos o **nosso** jeito, ele **funciona**, Vocês **compreendem**... É o que nos basta! A propósito, pode comunicar ao seu luso amigo que estão tramitando (esse "**tramitando**" aí nós furtamos daqueles tontos pronunciamentos de "autoridades" quando interpeladas a dar conta de quaisquer providências...) os acordos para distribuição de ABC em Portugal. Em breve, devemos ter novidades a respeito...

•••••

"Baseado nas "Lições" do ABC, e também em algumas idéias enviadas pelos Leitores/"Alunos" (para a FEIRA DE PROJETOS), construí com sucesso um pequeno circuito oscilador que aciona um relê, de forma intermitente (cerca de 2 "abre-fecha", por segundo...) Peço o auxílio dos Mestres para a seguinte intenção: quero, com os contatos do relê, acionar o maior número possível de LEDs, a serem distribuídos num painel, e gostaria - por razões de economia - que o sistema fosse tão simples quanto possível (Vocês são especialistas em "tirar água de pedra"...). Como dados técnicos, utilizei um relê com contatos para

até 10A e desejaria ver acionadas até várias centenas de LEDs (confesso: é uma "encomenda", e se eu conseguir atendê-la, meu nome "está feito"...). Se puderem me ajudar, agradeço muito..." - José Ribeiro da Silva - Londrina - PR.

Não é norma da Seção de CARTAS fazer esse tipo de "atendimento personalizado", Zé, mas como Você "molhou o lenço" direitinho (grande candidato ao Oscar...) e o seu "bom nome" profissional está em jogo, conseguiu emocionar os corações empedernidos da Equipe: a figura 1 dá todas as "dicas" para Você comandar, através dos contatos do relê do seu circuito alternante, e de maneira extremamente simples (na prática Você só precisará dos LEDs, mais alguns diodos comuns...), desde 60 LEDs até (pasme...) 240.000 LEDs (isso mesmo: **duzentos e quarenta mil** LEDs!). E com um "bônus" representado pela possibilidade de alternar a luminosidade em blocos ou conjuntos de LEDs, ou seja: supondo que Você incorpore 120 LEDs ao sistema, em dois blocos "elétricos" de 60 LEDs cada, quando o bloco "1" acende, o bloco "2" apaga, quando o bloco "2" acende, o bloco "1" apaga, e assim por diante.... Note que o contato **Comum** (C) do relê deve ser ligado simplesmente a um "polo" da CA local (110 ou 220V). A cada um dos outros dois contatos do relê (**Normalmente Fechado** - NF e **Normalmente Aberto** - NA...) podem ser ligadas quantas "filas" Você queira (Até 1000 "filas" em cada ramal!), sendo cada uma delas formada por 60 LEDs (em rede de 110V) ou 120 LEDs (em rede de 220V), mais um único diodo 1N4004... O "fim" de todas as "filas" deve retornar ao "outro polo" da CA local. O único cuidado será observar a polaridade dos LEDs e do diodo incorporados a cada fila (todos os **catodos** da "fila" apontados para a mesma "direção elétrica"...). Se - por exemplo, Você ficar na disposição básica do diagrama (fig. 1), terá 4 "filas", totalizando 240 LEDs em 110V ou 480 LEDs em 220V, observando que quando acendem as "filas" 1-3, apagam as "filas" 2-4, e assim alternadamente, na razão de frequência que o **seu** circuito ativa o relê.. Como **cada um** dos contatos do relê pode "suportar" uma corrente de até 10A, e como cada "fila" não demanda mais do que aproximadamente 10mA, uma simples "conta de dividir" mostra que nada menos que 1000 "filas" podem ser incorporadas a **cada** ramal do conjunto! No extremo mais modesto da "coisa", uma única "fila" de 60 LEDs (em 110V), em apenas **um ramal** do arranjo, já dará um bom efeito (só que aí Você não terá a alternância... Apenas um pisca-pisca simples...). De qualquer maneira, "é LED a dar com pau", Zé! Toda essa simplicidade, facilidade e quantidade, tem, contudo, um "preço": se **um único** LED (ou o respectivo diodo...) de determinada fila, "queimar" (abrir...), **toda ela** ficará "cega", sem acendimento. E tem mais: para "achar o defeito", não há saída... Têm que ser verificados, um a um, todos os 60 (ou 120) LEDs da dita "fila"... Para finalizar toda essa "loucura" (mas que **funciona**...), não esqueça que se realmente Você resolver "lascar" **mil** filas em cada ramal, a corrente **total** circulando nos cabos de alimentação CA (**não** nas interligações "internas" de cada fila...) será **brava** (10A), exigindo assim cabos de conveniente calibre (AWG nº 10 ou por aí...). De qualquer maneira o painel do seu "cliente" ficará uma verdadeira "porta de **drive-in**"...

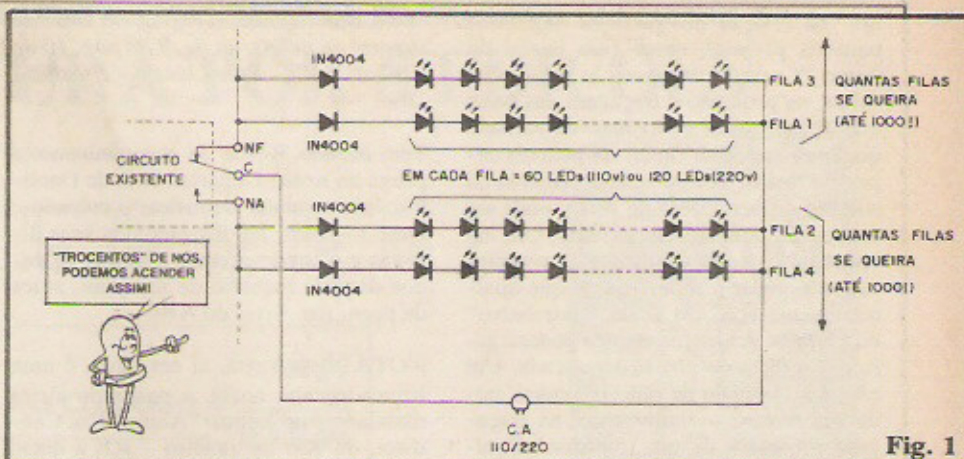
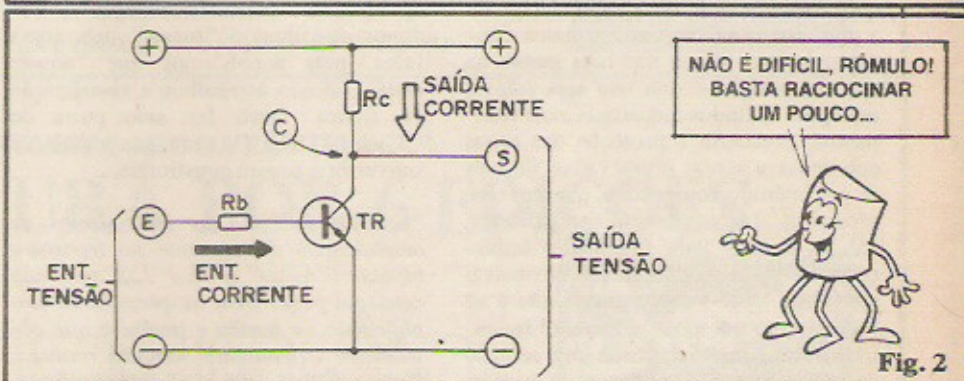



Fig. 1

Fig. 2

•••••

*"Já sabia algumas coisinhas sobre a confecção de Circuitos Impressos, porém ainda assim as "Lições" do ABC me esclareceram alguns pontos... Quanto à parte puramente do **desenho**, acredito que não sou tão principiante: já cheguei a ajudar colegas, transformando esquemas simples em **lay outs** para a confecção de placas, trabalhando com os **próprios componentes** como "gabaritos" na marcação das posições das ilhas e fazendo as interligações por tentativas, sempre buscando os percursos mais curtos e diretos... O que eu gostaria, agora, é de algumas informações técnicas: não existe **outro** método para traçagem e proteção contra o ácido, a não ser as tintas especiais e os decalques...? Além do percloreto de ferro, não existiriam outros ácidos (talvez mais baratos...) capazes de fazer a corrosão do cobre...? Gostaria, também, de ter algumas informações sobre as placas "de fibra"... São diferentes das comuns, de fenolite...?" - Fábio Okugawa - Belo Horizonte - MG.*

Pra começar, Fábio, saiba que o seu "método" para criar os desenhos (**lay outs**) dos Circuitos Impressos, não é tão "empírico" assim...! Para esquemas e circuitos mais simples, com uma quantidade de componentes não muito elevada e que não exijam uma estrita limitação de tamanho e forma na placa final, esse é provavelmente o **melhor** método: usar os próprios componentes como gabarito de tamanho e posição das "ilhas" para, em seguida, traçar os caminhos condutores procurando percursos curtos e, obviamente, sem "cruzamentos"! Com alguns pequenos auxílios (usar um papel vegetal ou uma folha de poliéster - para perfeita visualização "dos dois lados" da folha, mais uma "base/gabarito" na forma de um papel quadriculado em décimos de polegada, norma para o esboço de **lay outs**...) é **exatamente esse** o sistema que o desenhista técnico de ABC

usa, na criação dos padrões Impressos para os projetos dessa fase inicial do nosso "Curso"...! Quanto às suas consultas, na proteção e traçagem das áreas que devam restar cobreadas, na verdade **qualquer** material, fluído ou película capaz de resistir aos poderes corrosivos da solução de percloreto de ferro, pode ser usado. É também importante que tal "proteção" tenha condições de completamente **vedar** a superfície, já que qualquer penetração do ácido, "por baixo" da camada ácido-resistente, poderá arruinar a pista ou ilha lá demarcada. Um exemplo: **esmalte de unhas**, comum, pode ser usado, perfeitamente, na traçagem protetora de um Impresso! Qualquer outra tinta, de base plástica ou acrílica, também servirá. A única condição química é que não haja **metais** na sua composição e que não seja solúvel em água. Métodos industriais mais complexos, executam a proteção das zonas cobreadas a serem preservadas, através de um método **fotográfico**, que envolve processos razoavelmente sofisticados, válidos apenas para finalidades industriais. A respeito da solução corrosiva, conforme Você "desconfiou", não é só o percloreto que pode ser usado! Industrialmente é muito aplicada uma solução de amônia, muito poderosa e rápida, que, porém, não é conveniente para uso doméstico, já que o processo exala gases tóxicos e irritantes... O percloreto é conveniente por diversos fatores, incluindo a sua baixa toxidez, pequena exalação de gases, facilidade de armazenamento em condições de temperatura ambiente, etc. Inclusive, a nível de **custo**, para "pequenas obras" não há nada que possa substituir com vantagens, a solução de percloreto de ferro. Finalizando, o substrato de **fibra de vidro** (em vez da "tradicional" fenolite...) é bem mais caro, porém apresenta características físico-químicas que o recomendam para aplicações específicas: não absorve umidade, mantendo assim um nível de isolação elevadíssimo entre pontos cobreados adjacentes, deforma-se **muito menos** em função das temperaturas de soldagem e do ambiente, tem uma resistência mecânica **muito** maior, e por aí... Para as aplicações voltadas ao aprendizado e ao hobby, o "velho" Circuito Impresso de fenolite funciona muito bem. Já se Você pretende fabricar computadores ou equipamentos que trabalhem sob altas tensões ou em condições ambientais inóspitas, então a **fibra** é a melhor escolha... Um lembrete: devido à sua "dureza" **muito** maior do que a apresentada pelo fenolite, Você não conseguirá sequer **cortar** ou **furar** placas de fibra de vidro, usando as **mesmas** ferramentas destinadas a usinagem do fenolite!

"Tem uma impressão digital em cima do suporte de pilhas, na fig. 8 da pág. 10 de ABC nº 6..." - *Roteu Muma - Brasília - DF*

Tem **mesmo**, Roteu! Já encaminhamos a prova ao nosso Departamento de Dactiloscopia e vamos identificar o culpado... Detê-lo-emos, ler-lhe-emos os seus direitos e o condenaremos a lamber os dedos daquele restinho de nanquim, antes de pegar nas Artes do ABC...

NOTA: Essa carta, aí em cima, é uma brincadeirinha nossa, a partir do alerta mandado pelo Leitor/"Aluno" Rui Candicci, do Rio de Janeiro - RJ, a quem agradecemos pela "fiscalização"... Pedimos desculpas à "turma" pela nossa falha, mas acreditamos que "aquele dedão" lá não atrapalhou a visualização da figura. Deve ter sido coisa do QUEIMADINHO, com sua mania de subverter a ordem constituída...

"Entendi (acho...) os mecanismos de amplificação de corrente no transístor bipolar ("Aulas" nº 6 e 7...) mas não consegui pegar bem as questões de amplificação de ***tensão*** *e* ***potência*** *que obviamente o transístor* ***também*** *realiza... Seria possível uma explicaçãozinha extra, a respeito...?"* - *Rômulo A. Mateussi - Blumenau - SC.*

Conforme foi explicado na 1ª "Aula" do ABC, Rômulo, as grandezas elétricas (Tensão, Corrente, Resistência, Potência...) são interdependentes num circuito ou componente. Observe o esqueminha da fig. 2... uma determinada TENSÃO (maior do que o "degrau" de condução no diodo **base/emissor** do TR...) na Entrada E, determina, sobre a resistência de **base** Rb uma pequena CORRENTE (que podemos chamar de "Entrada"...). A partir do **ganho** (fator de amplificação do transístor TR) que vamos situar - como exemplo - em "10", **podemos** obter, no **coletor** do dito transístor, uma CORRENTE 10 vêzes maior. Essa CORRENTE, contudo, pode (e deve...) ser limitada pelo valor ôhmico do próprio resistor/carga de **coletor** (Rc) de modo que o parâmetro **Ic (max)** de TR não seja "estourado". Lembremos, agora, que o percurso **coletor/emissor** de um transístor bipolar comum pode ser considerado como um "caminho" puramente resistivo entre a linha do **positivo** e do **negativo** da alimentação geral. Assim, se o dito TR conduz **mais** CORRENTE, é sinal de que ficou "menos resistivo", ou seja: a TENSÃO no seu **coletor** (ponto "C") **caiu**... Dá pra notar, então que (dentro da chamada **curva** de funcionamento do TR...) um **aumento** da tensão no ponto "E" gera uma **diminuição** da tensão no ponto "C" e, ao mesmo tempo, um **aumento** da corrente sobre o resistor "Rc"... Como POTÊNCIA é função da CORRENTE x TENSÃO, temos também que um pequeno **aumento** na POTÊNCIA elétrica aplicada ao ponto "E", gera um grande aumento da POTÊNCIA manifestada sobre o resistor Rc... "Pegou", agora, Rômulo...? É tudo uma questão de não **esquecer** a rígida interdependência e as proporcionalidades entre TENSÃO, CORRENTE, RESISTÊNCIA e POTÊNCIA!

•••••

QUEREM TROCAR CORRESPONDÊNCIA

- Sidney José Cordeiro da Silva - Rua Joaquim Nabuco - 1297 - Alto Conceição - CEP 59600 - Mossoró - RN
- Ricardo Watanabe - Rua Bataclava, 872 - Jardim Santo Alberto - CEP 09260 - Santo André - SP
- Paulo Nei Machado da Silva - Rua Maciel Monteiro, 98 - Bl. 11 - Apto 203 - Praia da Bandeira - Ilha do Governador - CEP 21921 - Rio de Janeiro - RJ

•••••

OUTROS COMPONENTES QUE APRESENTAM O "EFEITO ZENER" (E COMO USÁ-LOS EM TAL FUNÇÃO, EM SITUAÇÕES ESPECIAIS OU "EMERGÊNCIAS"...). A IMPORTÂNCIA DOS DISSIPADORES E RADIADORES DE CALOR ACOPLADOS AOS COMPONENTES DE POTÊNCIA (TRANSÍSTORES, SCRs, TRIACs, ETC.). COMO FAZER UMA BOA CONEXÃO MECÂNICA E TÉRMICA DOS DISSIPADORES, "DICAS" E "MACETES" IMPORTANTES PARA A "SOBREVIVÊNCIA" DE COMPONENTES E CIRCUITOS!

Lá na parte Teórica da presente "Aula" do ABC, o Leitor/"Aluno" já viu todos os fundamentos do diodo ZENER, como funciona, para que serve e como devem ser calculadas suas aplicações... Embora específico para a função de REGULADOR DE TENSÃO, existem alguns casos em que o ZENER **pode** (às vezes nem há outra "saída"...) ser substituído por outros componentes que, originalmente, não foram "imaginados" para esse tipo de trabalho! No presente TRUQUES & DICAS mostraremos como DIODOS comuns, de silício, e até mesmo LEDs, **podem** (se corretamente "circuitados") exercer a função de reguladores de tensão, praticamente **tão bem** quanto o faria um ZENER específico!

Assim, ao mesmo tempo em que aprende alguns interessantes "truques" (é essa a idéia básica da Seção...), o Leitor/"Aluno" atento também aproveita para mais e mais "descobrir" importantes fundamentos sobre o funcionamento de componentes que "pensava que já conhecia totalmente"... Um dos grandes "baratos" da Eletrônica é justamente **esse**: quase tudo é "mais do que parece", desde que utilizado com criatividade, a partir de conhecimentos técnicos básicos e sólidos, e mantendo o **bom senso** como "bandeira"...

O aproveitamento "até o talo" das especiais características de **cada** peça ou componente é que estabelece a real diferença entre o verdadeiro **conhecedor** de Eletrônica (e **Você**, Leitor/"Aluno" de ABC, **o será**, tenha certeza...) e o simples "diplomado", aquele "técnico decoreba" que só sabe "trocar peças" ou aquele "engenheiro de manual" que - se Você "afanar" o Livrinho de Fórmulas do bolso dele - fica tão perdido quanto um tocador de harpa numa banda de **heavy metal**...

●●●●●

- **FIG. 1-A** - A estrutura básica, já vista, de um arranjo circuital regulador de tensão, com ZENER... O diodo zener "Z" estabelece a exata "voltagem" de Saída (Vs), enquanto que o resistor "R" delimita as correntes no sistema, adequando o circuito à tensão de Entrada (Ve), à corrente que se espera na Saída (Is) e à corrente "suportável" pelo próprio zener (Iz), sempre lembrando que a **soma** de Iz com Is corresponde à corrente geral de Entrada (Ie). A tensão já regulada de Saída (Vs) "aparece" (pode ser medida...) nos próprios terminais do zener (pontos A-B), e este (com relação aos diodos comuns...) está no circuito posicionado de modo a receber polarização **inversa** (quem já esqueceu deve voltar às primeiras páginas da presente ABC e reler toda a "Lição" Teórica...).

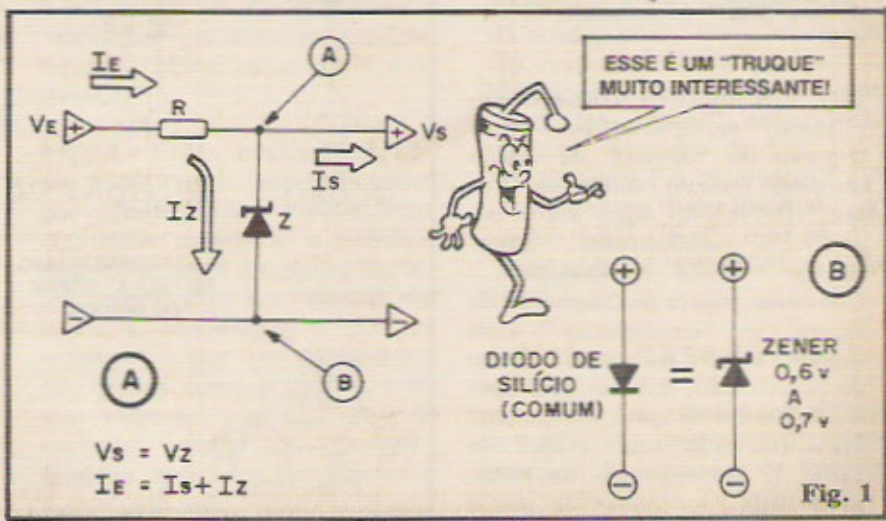



Fig. 1

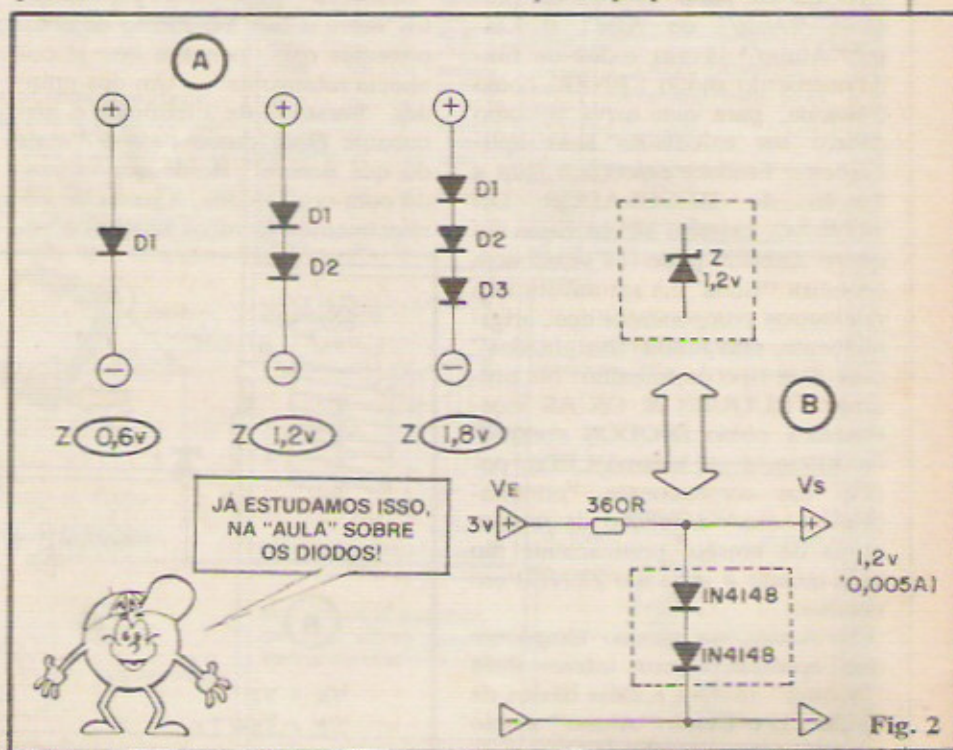
- **FIG. 1-B** Quando estudamos os DIODOS comuns ("Aula" nº 3 do ABC) e também nas posteriores explicações dos outros componentes em cujas "entranhas" existem junções semi-condutoras P-N (ou N-P, tanto faz...), vimos que, mesmo quando **diretamente** polarizadas, ou seja: quando aplicamos um potencial **positivo** ao material tipo P e **negativo** ao tipo N, as junções apresentam um "degrau" de tensão a ser vencido... Essa queda de tensão intrínseca, nos diodos comuns de silício (que são os mais usados, atualmente...) situa-se em torno de 0,6 a 0,7V (podendo chegar até a 1,0V em casos mais específicos...). Com tal característica, não é difícil perceber que, na prática, um diodo comum, **diretamente** polarizado, age exatamente como um zener de 0,6V! Estabelece, entre seus terminais de **anodo** e **catodo** uma diferença fixa de tensão, com tal valor (0,6V) de forma bastante estável (desde que seus limites de **corrente** não sejam "forçados" e que - e isso é importante - a temperatura do componente e do ambiente em que o cerca seja razoavelmente estável). A figura mostra a "equivalência simbólica" de um diodo comum, polarizado em sentido **direto**, com um hipotético **zener** de 0,6V (este, obviamente, polarizado no sentido inverso, como convém a um zener "de verdade"...). O interessante é que, para todos os efeitos (inclusive para os eventuais cálculos de aplicação) temos **um zener**, de baixo valor de tensão, porém plenamente funcional!

- **FIG. 2-A** Podemos, com toda facilidade, "multiplicar" o valor intrínseco do "degrau" de tensão do diodo comum (dentro do "truque" de fazê-lo atuar como um zener...), simplesmente "empilhando" vários componentes...! Conforme sugere os diagramas da figura, se "empilharmos" **dois** diodos, ambos no sentido **direto** de polarização, teremos uma queda de tensão de aproximadamente 1,2V (ou seja: um "zener" de 1,2V...). Prosseguindo na idéia, se a "fila" for composta por 3 diodos, a queda de tensão total será de 1,8V aproximadamente (ou seja: um "zener" de 1,8V...)!

●●●●●

Os Leitores/"Alunos" mais "espertinhos" dirão: "- Tudo bem... Mas qual a razão de se utilizar tais truques, se podemos simplesmente adquirir um **zener pronto**, na requerida tensão...?". A resposta é simples: observando as Tabelas (na Seção ARQUIVO TÉCNICO da presente "Aula"...) Vocês notarão duas coisas:: primeiro que, na verdade, não é "**toda e qualquer tensão**" que pode ser obtida diretamente, num diodo zener de série comercial. Assim, se numa aplicação **muito** específica necessitarmos **exatamente** de 4,5V regulados e estabilizados, ficamos num "buraco", entre os valores "standartizados" de 4,3V e 4,7V (só para citar **um** exemplo...). O segundo fato é que - na prática - **não existem** diodos **zeners**, nas séries comerciais, para tensões abaixo de 2,4V... Se - por exemplo - uma determinada aplicação específica nos exigir uma perfeita regulação de tensão na região entre 1,5V e 2,0V simplesmente não encontraremos, nas lojas, um zener que trabalhe por aí...

- **FIG. 2-B** - Transformando o "truque" numa aplicação real... Se determinado circuito ou aplicação **exigir** estabilização e regulagem de tensão, na casa de 1,2V (e isso não é tão difícil de acontecer, uma vez que mais e mais micro-circuitos, super-portáteis, trabalham sob alimentação geral de apenas **uma** pilhinha tipo "botão", cuja tensão nominal situa-se entre 1,35V e 1,55V, deduzindo-se daí que o circuito precisa, na realidade, de uma tensão estável **menor** do que tais valores...), podemos improvisar tranquilamente o "nosso zener", empilhando dois diodos comuns de silício (tipo 1N4148, por exemplo...), polarizando-os no sentido direto e protegendo o conjunto a partir de um resistor cujo valor será calculado "igualzinho" faríamos no caso de um zener "mesmo"! No caso/exemplo, os 1,2V regulados teriam que se manifestar, na Saída (Vs), num nível de corrente de 5 miliampéres (0,005A). Obtivemos, com as fórmulas já explicadas na parte Teórica da presente "Aula", o valor de 360R para o tal resistor... Os "Alunos" mais desconfiados podem conferir os cálculos e verificar a sua exatidão... Notem ainda que os próprios limites de cor-

Fig. 2

rente dos diodos 1N4148 não são (muito pelo contrário...) ultrapassados ou "forçados", com o que podemos esperar do arranjo um funcionamento bastante confiável, mesmo em aplicações relativamente rígidas... Querem um exemplo mais "palpável"...? Então vamos lá: tem esses "chaveirinhos" musicais ou que fazem "mil" sons, baseados em micro-chips altamente específicos (e que "lá fora", nas Coréias e Taiwans da vida, são produzidos por alguns centavos a unidade...). Então o Leitor/"Aluno" fuçador desmonta um desses bichinhos e resolve adaptá-lo para outro uso, pretendendo alimentar o **chip** com um par de pilhas pequenas ou mesmo com uma mini-fonte ligada à C.A. Supondo que a dita "tranqueirinha", originalmente, era alimentada por uma única pilhinha "botão", a exata solução mostrada na fig. 2-B "cai como uma luva"...! Experimentando a idéia básica com 2 ou com 3 diodos (gerando então 1,2 ou 1,8V regulados...), com certeza será possível (de forma segura e econômica...) estruturar uma alimentação externa para o tal micro-chip! (Voltaremos a falar sobre improvisações **desse** gênero, em futuro próximo...).

- **FIG. 3** - O "truque" básico do(s) diodo(s) comum utilizado em função "zener" não fica por aí... Na busca de tensões finais reguladas de valores **muito** específicos e "raros" (que - conforme já foi dito - não possam ser encontradas nas séries regulares, comerciais, de zeners...), nada impede que misturemos um componente "titular" com um "substituto" (um zener "de verdade" com um - ou mais - diodo na "função zener"...)! Observem bem o arranjo diagramado na figura. O zener "Z" está como deve estar, porém, "empilhado sobre ele" colocamos um diodo comum "D", de modo a literalmente **acrescentar** 0,6V à tensão de referência nominal do zener! Supondo que o dito zener é um componente para 3,9V, como teremos uma Vs igual a **0,6V mais Vz**, o resultado será uma tensão de Saída, de 4,5V (lembram-se

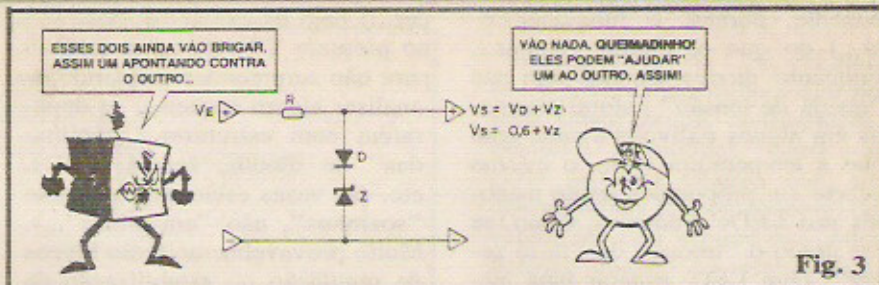



Fig. 3

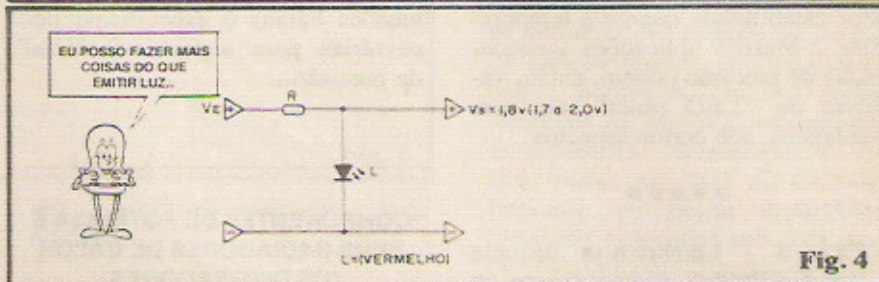



Fig. 4

daquele "galho" que exemplificamos aí atrás, quando precisávamos de uma tensão regulada de 4,5V e só achávamos, nas lojas, zeners de 4,3 ou de 4,7V...?). De novo (e ainda...)o cálculo do resistor R é feito exatamente como procedemos para a utilização de um zener "verdadeiro"... Resguardados os limites de potência do zener "Z" e de corrente do diodo "D", aplicamos a velha fórmula, calculamos "R" e... pronto! Temos um zener "a la carte", no exato valor de tensão requerido! Quando, em futura "Aula", estudarmos os práticos e importantes Circuitos Integrados reguladores de tensão (são componentes **muito** utilizados nos modernos circuitos...) veremos de novo a eventual aplicação desse truque... Guardem, portanto, na cabecinha, essas "malandragens" técnicas, porque elas podem ser a "salvação" em certos projetos, no futuro... "Ficar esperto" é fundamental!

- **FIG. 4** - LEDs, basicamente, não são mais do que diodos, formados por junção única P-N (apenas com uma "dopagem" e materiais semi-condutores diferentes daqueles empregados nos diodos comuns...). Esquecendo - por um momento - que eles **emitem luz** (os diodos comuns também emitem radiação, porém "fora" do espectro visível...), podemos **também** aplicá-los, emergencialmente (ou **até** "intencionalmente", em alguns casos...) na função "zener", igualzinho fizemos com os diodos! Da mesma forma que explicamos para o "truque" com os diodos comuns, o LED "zener" deve ficar **diretamente** polarizado, e a sua intrínseca queda de tensão (diferença de potencial natural, a ser "vencida" na junção...) estabelece o referencial regulado de tensão para a Saída do arranjo! Os cálculos **continuam** a ser feitos da mesma maneira que realizaríamos para zeners "verdadeiros", levando-se em conta os limites de corrente naturais do LED e - principalmente - lembrando que o "degrau" de tensão inerente é **maior** do que o encontrado nas junções de diodos comuns (ver "Aula" nº 5 do ABC...). Por exemplo: num LED **vermelho**, a queda na tensão direta é de aproximadamente 1,8V (entre 1,7 e 2,0V, tipicamente...). O arranjo pode, então ser utilizado, com quase exata igualdade de condições e parâmetros, no lugar do "outro truque", sugerido no terceiro diagrama da fig. 2-A... Verifiquem! No lugar dos 3 diodos comuns "empilhados", um único LED "fará" os 1,8V que esperamos ver regulados na Saída Vs...

●●●●●

Tem um detalhe **importante**: os LEDs são, naturalmente, menos sensíveis às variações de temperatura ambiente (e do próprio com-

ponente, durante o funcionamento...) do que os diodos comuns... Enquanto diodos comuns têm sua "queda de tensão" natural alternada em alguns milivolts a cada grau que a temperatura varia, o mesmo ocorre em proporções **muito** menores nos LEDs! Podemos, então, se for usado o "truque" do "falso zener", com LED, esperar uma melhor estabilidade quanto à temperatura... Mesmo aplicações consideradas **de precisão** podem, então, valer-se do "LED zener", até com vantagens, sob certos aspectos!

•••••

- **FIG. 5** - Lembram-se daquele "truque doido" exemplificado na figura 3, lá atrás...? Pois bem... Nada impede que a "maluquice" vá até o cabo. Podemos "empilhar" zeners "de verdade", mais LEDs, mais diodos comuns, e ainda assim obter um verdadeiro efeito de regulação, somando a tensão de referência do zener com as quedas de tensão intrínsecas dos diodos e LEDs! Nunca esquecendo que enquanto o zener "trabalha" sob polarização inversa, LEDs e diodos estabelecem sua tensão de referência sob polarização direta, e também lembrando que todos os limites de potência/corrente devem ser sempre respeitados, podemos calcular "R" para a função, sem grandes "galhos"... No caso do diagrama/exemplo (pode ser "maluco"... mas **funciona**...) teríamos uma Vs de 6,3V, considerando os 3,9V do zener, mais 0,6V do 1N4148 e mais 1,8V do LED...

Observem (e procurem entender...) bem os exemplos mostrados no presente TRUQUES & DICAS, para não surpreenderem quando, ao analisar algum esquema, se depararem com estruturas "empilhadas" de diodos, zeners, LEDs, etc. (às vezes estão simplesmente "sozinhos", não "em pilhas"...). Muito provavelmente serão blocos de regulação ou estabilização de tensões baixas e específicas, necessárias para algum referencial de precisão...

COMPONENTES DE POTÊNCIA E SEUS RADIADORES DE CALOR (OS DISSIPADORES)

Toda peça ou componente, ativo ou passivo, que deva no seu funcionamento manejar correntes e potências mais "bravas", transforma em CALOR pelo menos uma parte da energia que lhe é aplicada... Isso vale desde para simples RESISTORES, até para componentes mais "nobres", como TRANSÍSTORES, TIRÍSTORES, etc.

Até um certo ponto, o próprio componente pode "conviver" com tal calor, dissipando-o (irradiando-o para o ambiente) através de seus próprios "meios". Como um importante dado técnico aplicativo, os Manuais ou **Data Books** mais sofisticados costumam indicar os limites de temperatura (testados e garantidos pelos fabricantes das peças...) dentro dos quais a peça **continua** a funcionar perfeitamente, sem alterar suas curvas e parâmetros, e sem sofrer danos permanentes... Entretanto, sempre que botamos um componente a trabalhar próximo dos seus limites de potência, inevitavelmente também o calor gerado estará **perto** do máximo "aguentável" pela dita peça!

Convém, então, sob todos os aspectos (nem que seja por simples prevenção...) facilitar ao máximo a "exalação" ou a "irradiação" do calor desenvolvido, na direção do ambiente, de modo a manter o componente "tão frio" quanto possível... Isso não só dá segurança ao funcionamento do circuito como um todo, como também permite manter a "expectativa" de vida útil da peça em termos os mais longos possíveis!

E tem mais: calor muito concentrado pode também causar danos às próprias placas de Circuito Impresso e mesmo às caixas ou **containers** que abrigam os circuitos/componentes! Dependendo dos materiais envolvidos, até **incêndios** podem resultar de um sobreaquecimento em componente trabalhando na "linha vermelha" dos seus limites de corrente/potência/dissipação! E mais ainda: outros componentes, fisicamente próximos, podem também ressentir-se do calor gerado nas peças de potência, e com isso alterarem seus padrões ou curvas de funcionamento, "arruinando" tudo o que se espera em aplicações de precisão as mais diversas!

Por todas essas razões, vale a pena olharmos com atenção o aspecto "DISSIPAÇÃO", nos componentes "pesados", notadamente nos transístores de potência, SCRs e TRIACs! Vamos ver alguns detalhes práticos (sem muita "matemática"...).

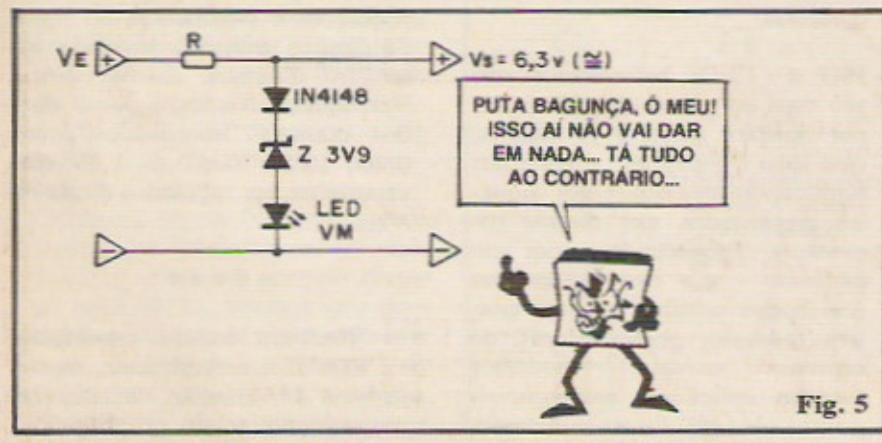
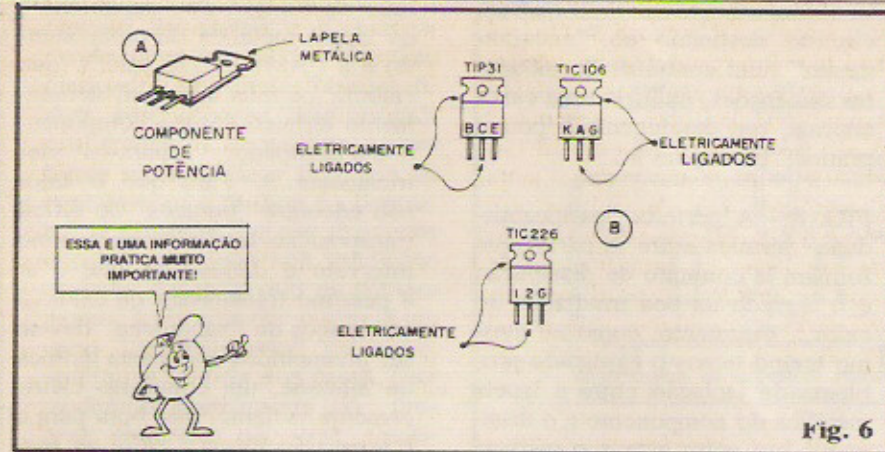
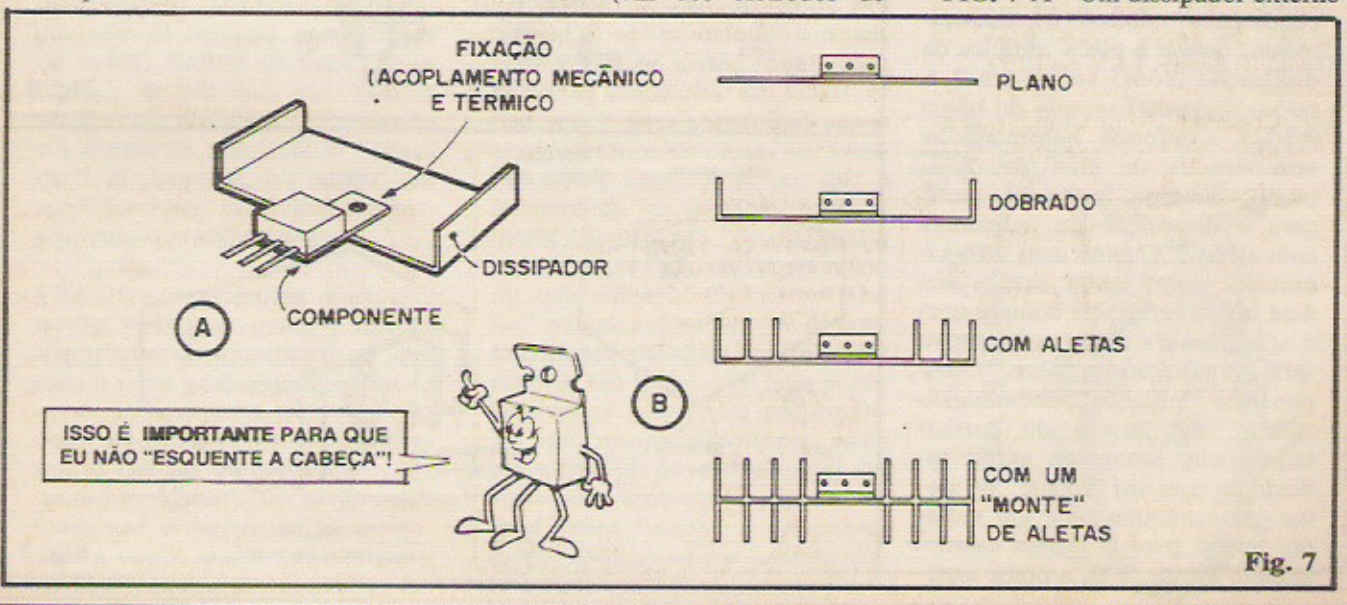
•••••

- **FIG. 6-A** - Os componentes cujos parâmetros impliquem na "permissão" para trabalharem "quentes", ou apresentam um encapsulamento totalmente metálico, de modo que todo o seu "corpo" pode ser usado para irradiar o calor ou para "transmití-lo a convenientes dissipadores. Muitas peças dimensionadas para uso industrial, em trabalho "super-pesado", são assim construídas... Entretanto, no dia-a-dia da Eletrônica prática, muito raramente o Lei-

Fig. 5

Fig. 6

tor/"Aluno" encontrará um desses "monstrinhos"... Já componentes comuns, de potência (transístores, tirístores, etc.) costumam apresentar (ver figura...) pelo menos uma espécie de **lapela** metálica, externamente posicionada, porém internamente solidária com a própria "pastilha" semicondutora, através da qual a irradiação do calor pode se dar de forma mais direta (uma vez que o encapsulamento **standart**, de **epoxy**, é péssimo condutor de calor...). Em aplicações mais "maneiras", da metade "pra baixo" dos limites teóricos de potência/corrente do componente, essa simples lapela costuma ser suficiente para a irradiação do moderado calor gerado no **chip** interno... Já quando "pedimos muito" do componente, então essa orelha metálica serve para o necessário acoplamento termo-mecânico a dissipadores e radiadores externos, conforme veremos mais adiante...

- **FIG. 6-B** - Um ponto MUITO IMPORTANTE a considerar: em praticamente **todos** os componentes de potência, as lapelas, orelhas, abas ou superfícies metálicas externas **têm** conexão elétrica com **um** dos eletrodos internos e, consequentemente, com **um** dos terminais externos de ligação da peça! Nos **transístores** de potência (caso/exemplo do TIP31...), eletricamente a lapela metálica corresponde ao terminal de **coletor** (é fácil verificar-se isso, com a ajuda de um simples PROVADOR DE CONTINUIDADE). Nos SCRs (exemplo: o TIC106...) a aba metálica está eletricamente ligada ao terminal de **anodo**. Nos TRIACs (caso do TIC226, por exemplo...), a parte metálica externa encontra-se ligada ao terminal "2" (um dos eletrodos de "entrada/saída" da C.A. circulante...). Lembrando sempre que **podem** existir outras configurações quanto à "identidade" elétrica da parte metálica externa com um dos terminais do componente, devemos ter isso sempre em consideração quando do arranjo físico final do circuito! A lapela metálica externa deve **sempre** ser mantida **fora de contato** com quaisquer outros pontos do circuito, sejam terminais de outros componentes, extremidades desencapadas de fios, pistas ou ilhas do Circuito Impresso ou outras superfícies metálicas colocadas sob potencial ou naturalmente ligadas a qualquer ponto elétrico do circuito. O desrespeito a tal regra pode redundar em perigosos e danosos "curtos"! É óbvio, contudo, que vale sempre o **bom senso**... Por exemplo, no caso do TIP31, cujo **coletor** é eletricamente "equivalente" à lapela metálica, esta **pode**, certamente, tocar qualquer ponto "elétrico" ao qual normalmente o dito **coletor** do componente **deva** estar ligado! Em alguns casos, dependendo mesmo do **lay out** final da montagem, podemos até usar a própria lapela como efetivo terminal de ligação para cabagens mais grossas, efetuando conexão direta dos fios via parafuso/porca/arruela... Entretanto, CUIDADO e ATENÇÃO, senão a "dança" será inevitável...

- **FIG. 7-A** - Um dissipador externo

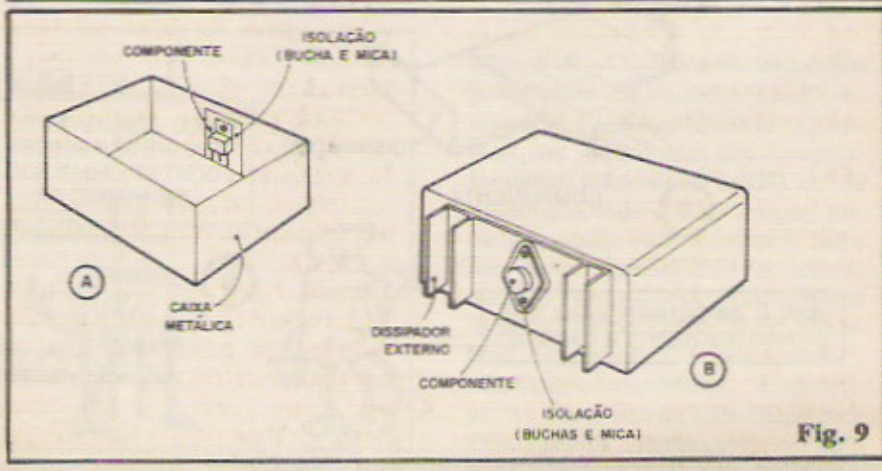
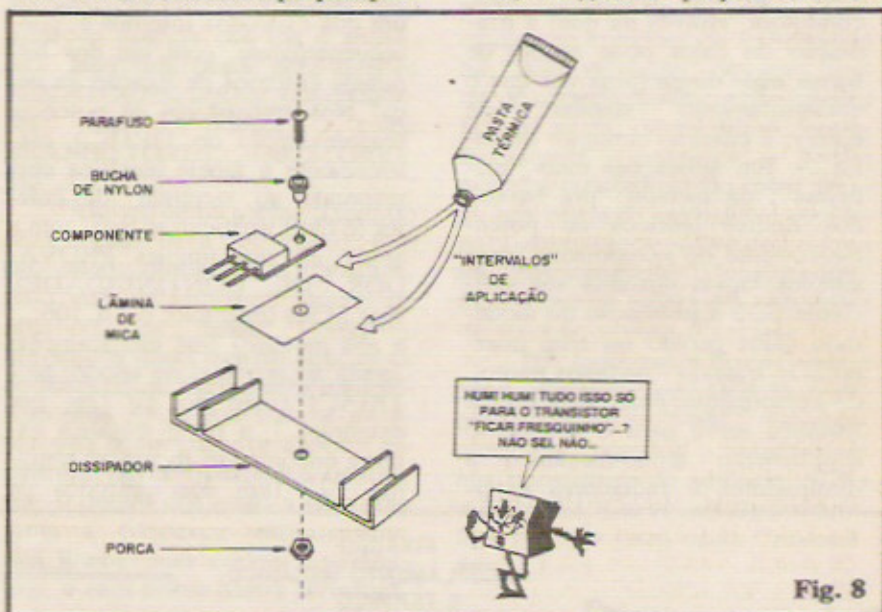
Fig. 7

nada mais é do que uma maneira de "alargar" a área metálica de irradiação do calor gerado pelo componente. Quanto **maior** for essa área, mais rápida e facilmente o calor será transferido para o meio ambiente, "resfriando" efetivamente a peça e mantendo sua temperatura de funcionamento dentro da margem indicada pelo fabricante! Metais são, normalmente, ótimos condutores de calor e assim, na prática, qualquer deles (cobre, ferro, latão, alumínio, etc.) pode ser usado na dissipação "extra"... Entretanto, razões óbvias de peso e resistência à oxidação levaram à adoção universal do **alumínio** nos dissipadores externos. É **importante**, contudo, que haja um perfeito acoplamento térmico entre a lapela metálica do componente e o dissipador externo, de modo que o calor possa facilmente "passar" da peça ao dissipador (e deste ao ambiente...).

- **FIG. 7-B** - O que realmente determina a eficiência de um dissipador é a sua área de "contato" com o ambiente... Assim, quanto mais "superfície" ele tiver, melhor! Embora em muitos casos, nas aplicações mais simples, uma simples chapa metálica possa ser acoplada ao componente, quando nos deparamos com **grandes** necessidades de dissipação, esbarramos no obstáculo do enorme espaço físico necessário à própria acomodação do radiador... Um truque simples para economizar centímetros cúbicos é, simplesmente, **dobrar** a placa metálica de dissipação (como vemos em 7-A ou no segundo exemplo do bloco 7-B...). Conforme aumentam as necessidades de área de dissipação, contudo, podemos partir para a disposição de radiadores com aletas... Quanto mais aletas o radiador tiver, maior será a sua área ou superfície de contato com o ar ambiente e assim mais efetiva será a irradiação do calor... Componentes "pesados", trabalhando "forte" em termos de corrente/potência, costumam exigir radiadores com um "monte" de aletas (se construíssemos um radiador plano para o último caso/exemplo da fig. 7-B, a placa metálica ficaria imensa, com o que um circuito destinado ao "encaixamento" num **container** de modestas dimensões, exigiria uma caixa enorme, um deselegante e pouco prático "trambolho"!...

- **FIG. 8** - A perfeita "permeabilidade" térmica entre as partes que formam o conjunto de dissipação é o segredo da boa irradiação do calor... Entretanto, como ao mesmo tempo temos o explicado problema da isolação entre a lapela metálica do componente e o dissipador (ou entre este e o restante do circuito/instalação...), exigem-se certos cuidados no acoplamento mecânico e térmico do componente/dissipador... Um conjunto padronizado de partes é visto "explodido" na figura, devendo ser especialmente observados a BUCHA DE NYLON (que isola eletricamente o próprio parafuso de fixação do "sanduíche", da lapela metálica do componente) e a LÂMINA DE MICA (que embora permita um com acoplamento térmico entre o componente e o dissipador, "separa-os" eletricamente...). Para que o calor não encontre "buracos" de difícil transposição (qualquer pequenino intervalo é danoso, já que o ar é péssimo transmissor de calor...) os espaços do "sanduíche" devem ser preenchidos com pasta térmica de silicone, um composto eletricamente isolante, mas bom para a transmissão térmica entre as partes. Tanto a pasta térmica, quanto os implementos isolantes (bucha, mica, etc.) são normalmente encontrados na mesma loja onde se pode obter o dissipador...

- **FIG. 9-A** - Respeitados os assuntos ligados à **isolação** (bucha, mica, etc.), se a própria caixa do

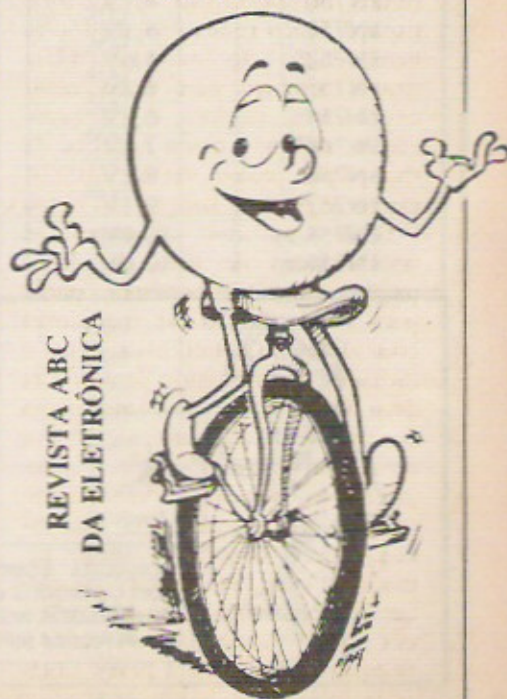
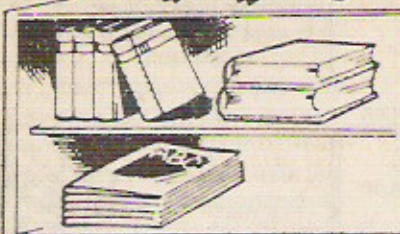
Fig. 8

Fig. 9

circuito **for metálica**, é perfeitamente possível utilizá-la como dissipador, conforme ilustra a figura. Normalmente, pelo seu próprio formato e dimensões, o **container** mostrará uma boa área de contato com o ar (que é - conforme já dissemos - o que realmente importa para uma boa irradiação do calor desenvolvido no componente...). É certo que ocorrerá um certo "amornamento" da caixa, porém na maioria dos casos, esse moderado aquecimento do próprio **container** não traz consequências negativas, nem para o funcionamento, nem para o acabamento ou manuseio do dispositivo. É uma solução muito utilizada pelos **lay out men** ou **designers**, no sentido de economizar peças e espaços. Muitos amplificadores compactos (notadamente os destinados ao uso em veículos) usam essa configuração de dissipação...).

- **FIG. 9-B** - Uma variação da solução mostrada em 9-A... Nesse caso (geralmente também usado com caixas metálicas ou de plástico bastante resistente ao calor...) um dissipador, de grandes proporções, é **externamente** acoplado ao **container**, obtendo-se com isso uma excelente ventilação e transferência térmica, sem "congestionar" o interior da caixa. Quase sempre, nessa solução, o próprio componente cujo calor queremos ver dissipado, também é montado externamente, através dos citados cuidados de isolação, com **buchas de nylon**, lâmina de mica, pasta térmica de silicone, etc. É uma solução de **design** muito utilizada em fontes de alimentação "pesadas", de bancada, ou mesmo em amplificadores de áudio poderosos, para uso automotivo...

- **FIG. 10** - As soluções mostradas na fig. 9 facilitam muito o aspecto importante da ventilação, já que toda a parte irradiante fica **fora** da caixa. Esse aspecto, contudo, não pode ser esquecido, nos casos em que o sistema de dissipação continua "embutido" no **container**... Observar as seguintes necessidades: a caixa, quase que obrigatoriamente, deverá ser dotada de furos de ventilação tanto na sua base quanto no seu topo, facilitando a entrada e a saída do ar, o que ajuda a "levar" o calor para fora, para "longe" do componente. A aplicação de **pés** à caixa também é uma medida que facilita a ventilação, "dando espaço" junto à base da caixa para a devida "entrada" de ar fresco. Este entrará (ainda "frio"...) pelos furos inferiores e, após aquecido pelo contato com a grande área irradiadora do dissipador, será expelido pelos furos superiores. Notem que essa dinâmica é facilitada poelo fato do ar quente ser menos denso (literalmente "mais leve"...) do que o ar frio, o que faz com que ele "procure" a saída mais alta (furos no topo da caixa...). Quando esse ar quente sai, o espaço que ele ocupava é imediatamente preenchido pelo ar frio que entra por baixo, e assim indefinidamente, num eficiente sistema de ventilação e irradiação do calor! O "segredo" é não permitir que o ar, no interior da caixa, vá "acumulando" calor, uma vez que a temperatura só pode ser efetivamente "transferida" do dissipador para o ar, se este estiver mais frio do que aquele... O Leitor/"Aluno" notará, inclusive, que os **containers** padronizados (encontrados prontos nas lojas...) de bom porte, destinados justamente aos circuitos que manejem potências mais elevadas, **já possuem** fendas ou furos de ventilação, sempre no topo (para "saída" e frequentemente na base ou nas laterais (para a "entrada" do ar...).

Fig. 10

Para finalizar uma advertência já feita algumas vezes aqui no "Curso" do ABC: **SEM PARANÓIAS**! Não fiquem imaginando que todo e qualquer diodinho, transistorzinho ou resistorzinho vai aquecer até "fritar" se não existirem furos de ventilação na caixa, ou se não estiverem acoplados a dissipadores metálicos! Em **muitos** circuitos de baixa potência, a emanação do calor é **tão** baixa, que o **container** pode, perfeitamente, ser completamente lacrado sem que isso gere danos ou sobreaquecimentos perigosos! CUIDADOS são essenciais... EXAGEROS são idiotas...

INFORMAÇÕES

IMPORTANTES TABELAS (PARA GUARDAR E CONSULTAR...) DE DIODOS ZENER, RETIFICADORES CONTROLADOS DE SILÍCIO (SCRs E TRIACs) COM SEUS PARÂMETROS E LIMITES ELÉTRICOS DE UTILIZAÇÃO...

Conforme já sabe o Leitor/"Aluno" assíduo, aqui no ARQUIVO TÉCNICO, uma das principais matérias é sempre configurada nas importantíssimas TABELAS, que relacionam códigos, parâmetros, características e limites de componentes... Como, entretanto, ABC é uma Revista (e não um Livro...) temos inevitavelmente que concentrar ou condensar as Tabelas, não só no intuito de ganhar "espaço", como também de manter os dados aqui apresentados centrados nas áreas de imediato interesse para o nosso "Curso" e para a própria formação prática do Leitor/"Aluno".

Como na "Lição" Teórica da presente ABC foram abordados os importantes componentes DIODOS ZENER e Retificadores Controlados de Silício (SCRs e TRIACs), são justamente tais componentes que se apresentam nas Tabelas a seguir, relacionados por "grupos" de potência e de classificação, de acordo com a própria codificação atribuída pelos fabricantes (e que às vêzes "embanana" um pouco o principiante, pela sua diversidade e não "standartização").

Como sempre, pedimos notar que nenhuma das Tabelas ora apresentadas tem a pretensão de **totalidade**, ou seja: **podem** existir diversos outros códigos e conjuntos de parâmetros, referentes a componentes do **mesmo** tipo. Já dissemos: as "coisas" foram mantidas dentro das necessidades imediatas do Leitor/"Aluno", tão somente...

DIODOS ZENER DAS SÉRIES "1N"

- Nas Séries industriais de Diodos ZENER, cujos códigos apresentam o prefixo "1N", tanto a TENSÃO NOMINAL, quanto a POTÊNCIA, são identificadas através da parte **numérica** do código, colocada após o prefixo...

SÉRIE 1N7XX (500mW)

código	tensão
1N746	3,3V
1N747	3,6V
1N748	3,9V
1N749	4,3V
1N750	4,7V
1N751	5,1V
1N752	5,6V
1N753	6,2V
1N754	6,8V
1N755	7,5V
1N756	8,2V
1N757	9,1V
1N758	10,0V
1N759	12,0V

SÉRIE 1N9XX (500mW)

código	tensão
1N962	11,0V
1N963	12,0V
1N964	13,0V
1N965	15,0V
1N966	16,0V
1N967	18,0V
1N968	20,0V
1N969	22,0V
1N970	24,0V
1N971	27,0V
1N972	30,0V
1N973	33,0V

SÉRIE 1N47XX (1W)

código	tensão
1N4728	3,3V
1N4729	3,6V
1N4730	3,9V
1N4731	4,3V
1N4732	4,7V
1N4733	5,1V
1N4734	5,6V
1N4735	6,2V
1N4736	6,8V
1N4737	7,5V
1N4738	8,2V
1N4739	9,1V
1N4740	10,0V
1N4741	11,0V
1N4742	12,0V
1N4743	13,0V
1N4744	15,0V
1N4745	16,0V
1N4746	18,0V
1N4747	20,0V
1N4748	22,0V
1N4749	24,0V
1N4750	27,0V
1N4751	30,0V
1N4752	33,0V

- Nas Séries de Diodos ZENER da "Ibrape", os próprios códigos identificatórios são "mais elucidativos", uma vez que contêm, no seu **sufixo** (caracteres finais do código) a nítida notação da TENSÃO NOMINAL... É bem mais fácil de "ler", portanto. O fabricante oferece, normalmente, Diodos ZENER em amplíssima faixa de parâmetros, com POTÊNCIAS desde 400mW até 6W e para TENSÕES NOMINAIS desde 2,4V até 270V. Nas Relações à seguir, vamos nos restringir às séries e parâmetros mais utilizados (faixa conveniente para as necessidades do nosso "Curso" e do próprio dia-a-dia do Leitor/"Aluno"...).

SÉRIE BZX79 (400mW)

código	tensão
BZX79C2V4	2,4V
BZX79C2V7	2,7V
BZX79C3V0	3,0V
BZX79C3V3	3,3V
BZX79C3V6	3,6V
BZX79C3V9	3,9V
BZX79C4V3	4,3V
BZX79C4V7	4,7V
BZX79C5V1	5,1V
BZX79C5V6	5,6V
BZX79C6V2	6,2V
BZX79C6V8	6,8V
BZX79C7V5	7,5V
BZX79C8V2	8,2V
BZX79C9V1	9,1V
BZX79C10	10,0V
BZX79C11	11,0V
BZX79C12	12,0V
BZX79C13	13,0V
BZX79C15	15,0V
BZX79C16	16,0V
BZX79C18	18,0V
BZX79C20	20,0V
BZX79C22	22,0V
BZX79C24	24,0V
BZX79C27	27,0V
BZX79C30	30,0V
BZX79C33	33,0V

SÉRIE BZV85 (1,3W)

código	tensão
BZV85C3V6	3,6V
BZV85C3V9	3,9V
BZV85C4V3	4,3V
BZV85C4V7	4,7V
BZV85C5V1	5,1V
BZV85C5V6	5,6V
BZV85C6V2	6,2V
BZV85C6V8	6,8V
BZV85C7V5	7,5V
BZV85C8V2	8,2V
BZV85C9V1	9,1V
BZV85C10	10,0V
BZV85C11	11,0V
BZV85C12	12,0V
BZV85C13	13,0V
BZV85C15	15,0V
BZV85C16	16,0V
BZV85C18	18,0V
BZV85C20	20,0V
BZV85C22	22,0V
BZV85C24	24,0V
BZV85C27	27,0V
BZV85C30	30,0V
BZV85C33	33,0V

OS TIRÍSTORES (RETIFICADORES CONTROLADOS DE SILÍCIO)

- As duas Relações a seguir, apresentam as Séries mais conhecidas e utilizadas de TIRÍSTORES, sendo uma para o de "mão única" (SCRs) e outra para os de "mão dupla" (TRIACs). A codificação é originária do fabricante "Texas Instrumentos", porém várias outras origens adotam a **mesma** notação... É importante notar que os TIRÍSTORES apresentam alguns parâmetros determinantes dos seus **limites** de utilização, e que **sempre** devem ser levados em conta, quando da "escolha" do componente para determinada função e aplicação... Embora existam **outras** características técnicas inerentes aos TIRÍSTORES, os parâmetros mais importantes são a CORRENTE MÁXIMA (entre **anodo e catodo** nos SCRs ou entre terminal "1" e "2" nos TRIACs...), a TENSÃO MÁXIMA (também entre os ditos terminais principais) e a MÁXIMA CORRENTE DE **GATE**, figura que nos diz muito sobre a própria **sensibilidade** do componente...

SCRs - SÉRIE "TIC"

código	max. corrente (em A)	max. tensão (em V)	corrente gate (em mA)
TIC106A	5	100	0,2
TIC106B	5	200	0,2
TIC106C	5	300	0,2
TIC106D	5	400	0,2
TIC106E	5	500	0,2
TIC106M	5	600	0,2
TIC106S	5	700	0,2
TIC106N	5	800	0,2
TIC116A	8	100	20,0
TIC116B	8	200	20,0
TIC116C	8	300	20,0
TIC116D	8	400	20,0
TIC116E	8	500	20,0
TIC116M	8	600	20,0
TIC116S	8	700	20,0
TIC116N	8	800	20,0
TIC126A	12	100	20,0
TIC126B	12	200	20,0
TIC126C	12	300	20,0
TIC126D	12	400	20,0
TIC126E	12	500	20,0
TIC126M	12	600	20,0
TIC126S	12	700	20,0
TIC126N	12	800	20,0

TRIACs - SÉRIE "TIC"			
código	**max. corrente (em A)**	**max. tensão (em V)**	**corrente gate (em mA)**
TIC206A	3	100	5,0
TIC206B	3	200	5,0
TIC206C	3	300	5,0
TIC206D	3	400	5,0
TIC206E	3	500	5,0
TIC206M	3	600	5,0
TIC206S	3	700	5,0
TIC206N	3	800	5,0
TIC216A	6	100	5,0
TIC216B	6	200	5,0
TIC216C	6	300	5,0
TIC216D	6	400	5,0
TIC216E	6	500	5,0
TIC216M	6	600	5,0
TIC216S	6	700	5,0
TIC216N	6	800	5,0
TIC226A	8	100	50,0
TIC226B	8	200	50,0
TIC226C	8	300	50,0
TIC226D	8	400	50,0
TIC226E	8	500	50,0
TIC226M	8	600	50,0
TIC226S	8	700	50,0
TIC226N	8	800	50,0

- Esses dois blocos de códigos e parâmetros, apresentados, constituem a "turma" de componentes mais utilizados, entre os TIRÍSTORES (SCRs e TRIACs) e, salvo para aplicações super-pesadas e altamente profissionais (fins industriais, principalmente), muito raramente o Leitor/"Aluno" se deparará com **outros** códigos ou conjuntos de características. Entretanto, na Série dos TRIACs, do grupo "TIC", existem elementos ainda mais "bravos" (em termos de **corrente** e, portanto, de **potência**...). Já deve ter dado para o Leitor/"Aluno" atento (todos Vocês o são, vivem "achando pelo em casca de ovo"...) perceber que a organização dos códigos na dita série "TIC" obedece a uma lógica simples, a partir da qual podemos identificar as características elétricas de qualquer outro componente da "turma"... Vejamos algumas dicas:

A - A parte "numérica" do código, indica **sempre** o parâmetro de CORRENTE do grupo, de acordo com uma ordenação dada pelo fabricante...

B - A letra em sufixo (no finzinho do código...) determina a TENSÃO, e assume idêntico significado em qualquer grupo de SCR ou TRIAC da "família TIC"...

- A seguir, vamos a uma Tabela de Identificação simplificada, que vale, inclusive, para outras séries de TRIACs (os mais "pesados"...) da mesma "família":

parte numérica do código	max. corrente (em A)	Exemplo
236	12	TIC236A
246	16	TIC246B
253	20	TIC253C
263	25	TIC263D

letra em sufixo	max. tensão (em V)	Exemplo:
A	100	TIC246A
B	200	TIC253B
C	300	TIC263C
D	400	TIC236D
E	500	TIC246E
M	600	TIC253M
S	700	TIC263S
N	800	TIC236N

- Assim, "pinçando" um Exemplo, um "TIC263D" é para 25A (porque isso está "dito" no número "263" e aguenta até 400V (porque isso está "dito" na letra "D"...).

ATÉ ONDE DÁ PRA IR... (A DISSIPAÇÃO)

- Conforme ocorre com todo e qualquer componente eletro/eletrônico, ativo ou passivo, os LIMITES apresentados nas características técnicas dos TIRÍSTORES (SCRs ou TRIACs) são MÁXIMOS ABSOLUTOS, "até onde" os fabricantes garantem, ainda que por poucos instantes, o funcionamento e a "integridade" da peça. Na prática, contudo, devemos EVITAR usar um TIRÍSTOR "relando" nos seus limites de TENSÃO e/ou CORRENTE (e absolutamente NUNCA tentar usá-los, prolongadamente, beirando os **dois** limites, de TENSÃO **e** CORRENTE!).

- Uma boa margem de segurança (temos recomendado isso para todo e qualquer componente...) é aplicar-se uma peça que apresente parâmetros em torno do **DOBRO** daqueles sob os quais vai realmente trabalhar... Assim - num exemplo - se precisarmos de um TRIAC para manejar **4 ampéres** em **220V**, o recomendável é aplicar-se um TIC226D (8A x 400V), para que haja suficiente "folga" de parâmetros...

- Com tal norma, inclusive, se o funcionamento for dimensionado para períodos não muito longos, a intervalos mais ou menos "espaçados", sequer haverá necessidade - na maioria dos casos - de se dotar o componente de um dissipador (o que gera economia de tamanho na montagem final...).

- Sempre, contudo, que o TIRÍSTOR deva trabalhar ININTERRUPTAMENTE, por longos períodos, e sob condições "acima da metade" dos seus limites de TENSÃO & CORRENTE, o uso de dissipadores é praticamente OBRIGATÓRIO!

PRÁTICA 19

DUAS MONTAGENS PRÁTICAS DE UTILIDADE "DEFINITIVA" (É CONSTRUIR PARA USAR MESMO...)! A PRIMEIRA, "INTERRUPTOR CREPUSCULAR SUPER-SIMPLES" É UM ITEM DE SEGURANÇA IMPORTANTÍSSIMO (PRINCIPALMENTE AGORA, NO PERÍODO DE FÉRIAS, EM QUE MUITAS CASAS FICAM VAZIAS...), QUE SIMULA A PRESENÇA DE MORADORES, DURANTE A SUA AUSÊNCIA, "ESPANTANDO" OS LADRÕES...! A SEGUNDA É UM SIMPLES, VÁLIDO, ÚTIL E SUFICIENTEMENTE PRECISO "VOLTÍMETRO DE BANCADA (SEM GALVANÔMETRO E SEM DISPLAY DIGITAL) DE BAIXO CUSTO", COM O QUAL O LEITOR/"ALUNO" JÁ PODERÁ IR SE INICIANDO NAS "ARTES" DAS MEDIÇÕES (SEM TER QUE "FURAR O FUNDO DO BOLSO", COM ISSO...)! TUDO BASEADO EM CONCEITOS E COMPONENTES JÁ ESTUDADOS NAS "AULAS" DO ABC (VALENDO ENTÃO, TAMBÉM COMO APROFUNDAMENTO DO APRENDIZADO...).

Nas Escolas "de verdade", a parte mais "chata" da Aula é o final... Professor rouco de tanto berrar com a turma, Alunos cansados e com vontade de ir embora... Um "saco"... Aqui na "Escola" do ABC, de propósito deixamos a parte mais gostosa para o fim, de modo a encerrar as "Aulas" sempre no mais alto "astral"...! As MONTAGENS PRÁTICAS, "definitivas", constituem o "fecho de ouro" de cada "Aula", no qual os Leitores/"Aluno" vão praticar "ao vivo", boa parte do que aprenderam nas (mais áridas....) partes puramente Teóricas...

Ao longo das primeiras "Aulas", a Seção PRÁTICA já mostrou, detalhadamente, um "montão" de projetos e montagens, incluindo BRINQUEDOS, DISPOSITIVOS DE "UTILIDADE DOMÉSTICA", JOGOS, "MAGIAS ELETRÔNICAS", ITENS DE SEGURANÇA e INSTRUMENTOS PARA A BANCADA... Mantendo-nos dentro desse amplo leque, as Montagens Práticas nº 19 e 20, ora apresentadas, trazem novamente itens que, independente do seu potencial "educativo" (servem para Vocês mais e mais APRENDEREM e ENTENDEREM o que estão estudando...) mostram excelente validade e consistente utilidade (NÃO SÃO simples "Experiências", para montar, analisar e... desmontar...).

As próprias técnicas construcionais já são apresentadas num nível de "sofisticação" ou "profissionalização" compatíveis com o atual estágio do nosso "Curso"... As Montagens são aqui descritas na (já estudada...) Técnica de Circuito Impresso, que resulta em dispositivos "elegantes" e com "cara" de produtos industriais ou comerciais... Se por acaso o caro "Aluno" é da turma dos "atrasadinhos", e só agora está entrando na "Escola", é aconselhável que, primeiramente, pratique com as Montagens relacionadas às "Aulas" iniciais do ABC (os "calouros" trabalham, no começo, "sem solda", depois em "pontes de terminais", para só então começarem a praticar montagens em Impressos...). Não é caso para "desespero"... Basta solicitar os Exemplares/"Aula" anteriores (tem um Cupom para isso, em algum lugar da presente Revista...) e seguir as "coisas" pela ordem... Ainda dá tempo para "recuperar" as "Lições" perdidas, e "alcançar" o resto da turma... Basta ter método e paciência... Quando "sobrarem" dúvidas, é só escrever para a Seção de CARTAS...

(19ª MONTAGEM PRÁTICA)

Interruptor Crepuscular Super-simples

- A "COISA" - Vamos explicar primeiro a ação de um INTERRUPTOR CREPUSCULAR, e em seguida o seu motivo ou validade... Basicamente um dispositivo do gênero pode controlar uma (ou mais de uma...) lâmpada doméstica comum (incandescente), de boa potência, e deve ser instalado numa residência de modo a promover o acendimento automático de tal lâmpada, assim que cai a noite... Ao amanhecer, logo que clareia o dia, o dispositivo apaga, também automaticamente, a lâmpada controlada... Uma ação relativamente simples, mas que apresenta um grande valor como item de segurança! Vejamos: executando sua função em total automatismo (Você não precisará "estar lá" para acionar chaves, interruptores ou controles de nenhum tipo...) o dispositivo simula, convincentemente, uma "casa habitada", na qual os moradores acenderiam a iluminação de um alpendre ou de uma área externa, à noite, apagando-a pela manhã! A "bandidagem" costuma ficar de "campana", a fim de constatar se os moradores estão ou não na casa, para poderem tranquilamente penetrar na re-

sidência e "rapar tudo"... No período de férias, então, quando muita gente viaja "em bloco" (toda a família sai, por vários dias...), os gatunos "deitam e rolam"... A MP-19, assim, estabelece uma poderosa proteção "psicológica" ao patrimônio, simplesmente "fingindo que tem gente no imóvel"...! Mas como a MP-19 "sabe" a hora de acender e de apagar a lâmpada controlada...? É fácil (detalhes técnicos serão dados no final...): o circuito tem um "olho" que avalia, constantemente, as condições de luminosidade! Assim que "reconhece" a escuridão da noite, aciona a lâmpada e a mantém nesse estado, por toda a madrugada... Quando as primeiras luzes do dia se manifestam, o "olho" da MP-19 "vê" essa alteração e, automatiçamente, desliga a lâmpada! Parece "mágica" (para os bobocas que não entendem nada de Eletrônica, mas não para o Leitor/"Aluno" do ABC, que já aprendeu a conviver com as maravilhas da Tecnologia...) mas trata-se de uma operação relativamente simples para os modernos componentes e arranjos circuitais... A montagem final resultará compacta e fácil de instalar, podendo tanto controlar uma lâmpada específica (instalada "só pra isso"...) quanto uma já instalada normalmente na casa (o que simplificará muito as coisas...). A quantidade de componentes é até "engraçada" de tão pequena e - bastando alguns cuidados elementares quando da conexão à cabagem de C.A. da casa - a própria instalação final é "coisa de criança"...

- **FIG. 1** - O "esqueminha" do circuito. A absoluta simplicidade fica clara à primeira vista, já que apenas **quatro** peças fazem **tudo**! Três dos componentes já foram estudados aqui nas "Lições" do ABC (o DIAC e o TRIAC, na **presente** "Aula"...) e um deles, o LDR, embora ainda não detalhado tecnicamente, já foi "apresentado" ao Leitor/"Aluno" na montagem prática da SIMPLES BARREIRA ÓTICA DE SEGURANÇA ("Aula nº 7), em antecipação teórica. O importante, por enquanto, é saber reconhecer os símbolos e determinar "o que está ligado onde", polaridades, terminais, etc. A parte tracejada do diagrama refere-se às conexões externas, já correspondentes à própria instalação final da MP-19.

- **FIG. 2** - Principais componentes do circuito (na verdade, **todos** os componentes, já que são apenas 4...). Insistimos que essas "Tabelas Visuais" que - por enquanto - acompanham a descrição de todas as Montagens Práticas do ABC não vão fazer parte das "Lições" por muito tempo, já que está mais do que na hora de Vocês decorarem os símbolos, aparências e disposição de terminais das peças usuais e componentes de uso frequente... Num futuro próximo, apenas será enfatizado o visual completo de peças NOVAS, ficando o resto por conta da memória do "Aluno" (que, entretanto, sempre poderá ser "salvo" por uma simples consulta às "Aulas" anteriores, da sua coleção...).

- **TRIAC** - Vimos esse "bichão" na presente "Aula" nº 10. Trata-se de um componente de potência, dotado de lapela metálica para o acoplamento eventual de um dissipador externo de calor... A ordem dos pinos, com as "pernas" para baixo, e a lapela metálica "para lá". é "1-2-G". O símbolo está ao lado da aparência da peça, para que Vocês possam referenciar bem as coisas...

- **DIAC** - Vimos também na presente "Aula"... Fisicamente parece um diodo comum, de baixa potência, porém não contém aquela marquinha em anel ou faixa constrastante, uma vez que trata-se de componente **não polarizado**. Pode apresentar, impresso sobre seu pequeno corpo cilíndrico, o pró-

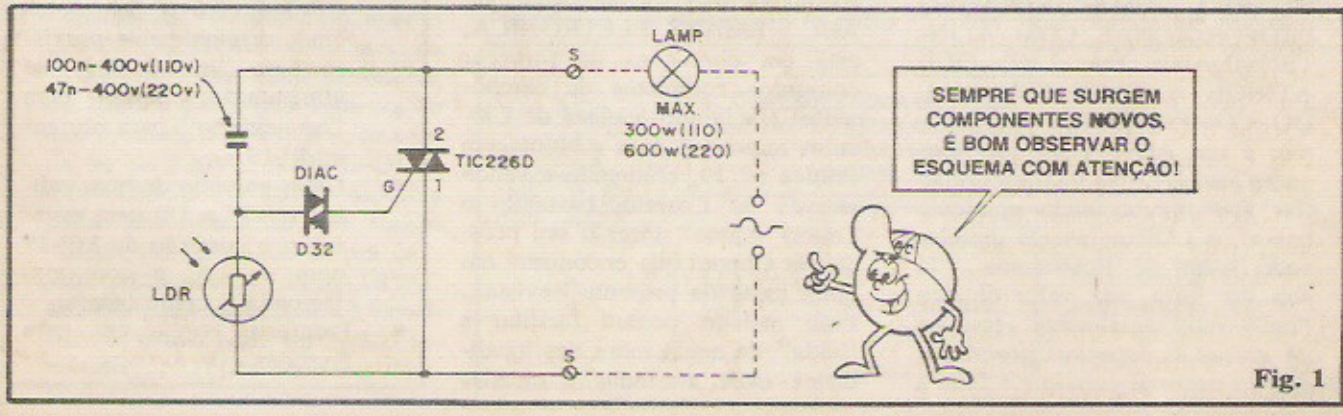



Fig. 1

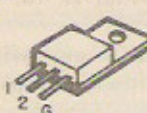
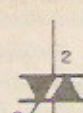



Fig. 2

prio símbolo do DIAC, ou uma figura como a mostrada na "Aparência"... O que vale **mesmo** é a inscrição alfanumérica do seu código identificatório...

- **LDR** - Já vimos esse verdadeiro "olho eletrônico", numa Antecipação Teórica junto à Seção PRÁTICA da 7ª "Aula" do ABC. Basicamente funciona como um RESISTOR, não apresentando polaridade nos seus terminais... Seu valor ôhmico, contudo, GUARDA UMA RELAÇÃO PROPORCIONAL COM A INTENSIDADE DA LUZ QUE ATINGE A FACE SENSÍVEL DO COMPONENTE! Isso mesmo: é um RESISTOR que "enxerga" a LUZ! Na total escuridão (ou sob luminosidade ambiente baixa), o LDR apresenta um elevado valor de Resistência... Já sob luz forte, seu valor ôhmico "cai" substancialmente! Isso se dá graças às especiais propriedades do material com que é feita a sua "pista" resistiva (Sulfeto de Cádmio). Notem que para o componente poder "ver" a luz, a tal pista resistiva é simplesmente recoberta por uma "janela" de acrílico transparente (nos componentes mais baratos, a pista resistiva, disposta numa espécie de "zigue-zague", é simplesmente protegida por um verniz acrílico transparente, que permite a livre passagem da luz ambiente...).

- **CAPACITOR POLIÉSTER** - Só tem um no circuito (aparência e símbolo mostrados na figura...). Embora a "aparência" mostrada corresponda a um modelo "zebrinha", com seu código de cores nitidamente demarcado em faixas sobre o corpo da peça, **pode** ocorrer do componente obtido pelo Leitor/"Aluno" ser em cor única, caso em que o valor, a tensão de trabalho e outros dados e parâmetros, virão diretamente inscritos sobre a peça. NOTEM que, para o circuito da MP-19, o **valor de capacitância** do componente é condicionado pela **TENSÃO DA REDE** C.A. local, sendo **diferente** nas instalações sob 110V ou sob 220V (detalhes mais adiante, inclusive na LISTA DE PEÇAS...).

●●●●●

- **SOBRE A "LISTA DE PEÇAS"** - Todos os componentes são de fácil aquisição, recomendando-se, contudo, a observância de seus parâmetros e limites elétricos, especificamente mencionados na LISTA. Quanto ao CAPACITOR, **não esquecer** de condicionar o seu valor à tensão da rede local de C.A., conforme relacionado. Lembrem-se que a Concessionária Exclusiva dos "Pacotes/Aula" do ABC - EMARK ELETRÔNICA, está em condições de fornecer conjuntos completos de componentes (incluindo a placa de Circuito Impresso) para a Montagem Prática nº 19, efetuando a venda através do Correio, bastando o Leitor/"Aluno" fazer o seu pedido via Cupom que encontrará em outra parte da presente Revista... Esse método poderá facilitar a "vida" de quem mora nas localidades mais afastadas e cidades

LISTA DE PEÇAS

(19ª MONTAGEM PRÁTICA)

- 1 - TRIAC tipo TIC226D (400V x 8A) ou equivalente
- 1 - DIAC tipo D32 ou DB3 (ou equivalente, com referencial de tensão entre 30 e 35 V)
- 1 - LDR (Resistor Dependente da Luz) pequeno ou mini (a maioria dos "modelos" ou códigos encontrados no varejo, se prestará à utilização na MP-19 - podem ser usados os tipos "mini", corpo plástico)
- 1 - Capacitor de Poliéster - 100n x 400V (para redes de 110V) - se for "zebrinha", nas cores marrom-preto-amarelo
- 1 - Capacitor de Poliéster - 47n x 400V (para redes de 220V) - se for "zebrinha", nas cores amarelo-violeta-laranja.
- 1 - Placa de Circuito Impresso específica para a montagem (3,1 x 2,6 cm.)
- 1 - Par de conetores parafusados (tipo "Sindal") para as conexões externas de instalação da MP-19
- 1 - Pedaço (15 a 20 cm.) de fio isolado grosso (nº 14 a 18)
- - Solda para as ligações

DIVERSOS/OPCIONAIS

- 1 - Caixa para abrigar a montagem, de preferência em plástico (para facilitar providências de isolação...). Sugestão: **container** padronizado "Patola" mod. CF-066 (6,6 x 5,0 x 4,5 cm.), originalmente previsto para "mini-fontes" de alimentação, porém bem "no jeitinho" para abrigar a MP-19.
- - Cabo paralelo de bom calibre (nº 14 a 18) para instalação e conexão da MP-19 com a C.A. e com a(s) lâmpada(s) controlada(s).
- - Parafusos, porcas, etc., para fixações.

menores, onde não haja revendedores de componentes...

- **FIG. 3** - Padrão cobreado do Circuito Impresso específico, com seu **lay out** em escala 1:1 (tamanho natural)... É só "carbonar" sobre a face cobreada de uma placa virgem de fenolite cobreado, efetuar a traçagem (com tinta ácido-resistente, ou com os convenientes decalques...), corrosão, limpeza e furação... O desenho é tão simples que mesmo os "Alunos" ainda "pagãos" em Circuitos Impressos não encontrarão dificuldades na sua realização. Uma advertência, contudo: como o circuito da MP-19 trabalhará controlando CONSIDERÁVEIS Tensões, Correntes e Potências, **todo cuidado é pouco** na prevenção de "curtos", contatos indevidos e essas coisas! Assim, conferir **muito bem** a plaquinha, depois de confeccionada, CORRIGINDO OBRIGATORIAMENTE eventuais falhas **antes** de promover a montagem e instalação. Notem que as áreas cobreadas mais "taludas" destinam-se, justamente, ao trânsito de altas Correntes (necessárias ao próprio acendimento da lâmpada controlada), conforme explicamos na "Lição" específica sobre Circuitos Impressos ("TRUQUES & DICAS" das "Aulas" nº 4 e 5...).

- **FIG. 4** - Placa agora vista pelo lado não cobreado, todas as principais peças (menos o LDR) colocadas. Notem alguns pontos IMPORTANTES: o capacitor **não tem** seu valor discriminado, justamente por tratar-se de peça condicionada à tensão da rede local C.A. No "chapeado", então, "chamamos" o dito cujo apenas de CAPACITOR "C", mas na "vida real", seu valor deverá ser de 100n x 400V se a rede for de 110V, ou de 47n x 400V, se a rede for de 220V... NÃO ESQUECER DISSO! O DIAC não tem polaridade, podendo ser ligado "daqui pra lá ou de lá prá cá", sem problemas...). Já o TRIAC **tem** terminais específicos e identificados e **não pode** ser ligado invertido... NOTEM que a sua lapela metálica, na montagem, deverá ficar voltada para a posição ocupada pelo DIAC (centro da plaquinha...). Confiram bem todas as posições (são poucas...) e todos os pontos de solda (pelo lado cobreado da placa), antes de cortar as "sobras" dos terminais. ESPECIAL ATENÇÃO quanto à ausência de "corrimentos" de solda, que possam indevidamente estar ligando ilhas ou pistas próximas. Na figura, os pontos "S-S" destinam-se à instalação final da MP-19 (detalhes adiante) e os pontos "L-L" referem-se às conexões do LDR (próxima figura...).

- **FIG. 5** - As (poucas e simples) conexões externas à placa da MP-19. Os pontos "S-S", de Saída para a instalação, devem ser acoplados eletricamente a um par **de** conetores parafusáveis tipo "Sindal", através de cabos curtos e de bom calibre. O LDR poderá ter seus terminais diretamente ligados à placa, ou ainda através de pequenas "extensões", feitas com fio fino (cabinho). Em qualquer circunstância, evitar dobrar os terminais do LDR muito próximo ao "corpo" do componente, já que tal ação determinará um esforço mecânico danoso, que pode quebrar o relativamente frágil terminal.

- **FIG. 6** - "Encaixando" a MP-19... São vários os pequenos **containers**, padronizados ou improvisados, que podem ser usados para proteção do circuitinho... Se o Leitor/"Aluno" optar pela nossa sugestão (ver DIVERSOS/OPCIONAIS na "LISTA DE PEÇAS"...) o aspecto final ficará elegante, com excelente aparência "profissional" (a partir

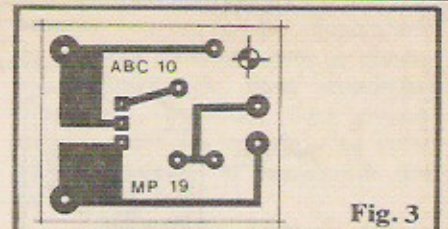



Fig. 3

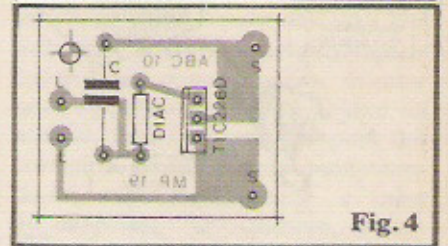



Fig. 4

de algum "capricho" no acabamento e usinagem da caixinha...). O modelo CF-066 da "Patola" foi "inventado" para conter circuitos de pequenas fontes de alimentação (tipo "eliminador de pilhas"), porém basta desprezar os dois pinos de latão que acompanham o container (e que serviriam para ligação da tal "mini-fonte" à uma tomada de C.A.) e fazer as furações visualmente descritas na figura... É importante que o LDR, "lá dentro", possa livremente "ver" através de um furo (o diâmetro pode ser equivalente ao do próprio LDR) feito na face frontal da caixinha. Na traseira do **container** pode ser fixado (com parafuso/porca) o par de conetores "Sindal", levando-se a tais pontos as ligações de Saída "S-S" da MP-19. O conjunto ficará compacto, sólido e fácil de instalar...

- **FIG. 7** - Diagrama básico de instalação da MP-19... É tão simples quanto o próprio circuito (quem der uma "re-olhada" no esquema - fig. 1 - verá esse mesmo diagrama, nas linhas tracejadas...). Um dos pontos de Saída "S"

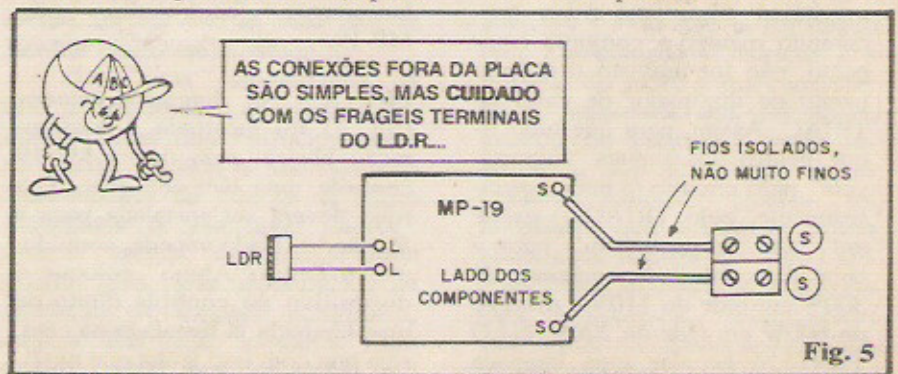



Fig. 5

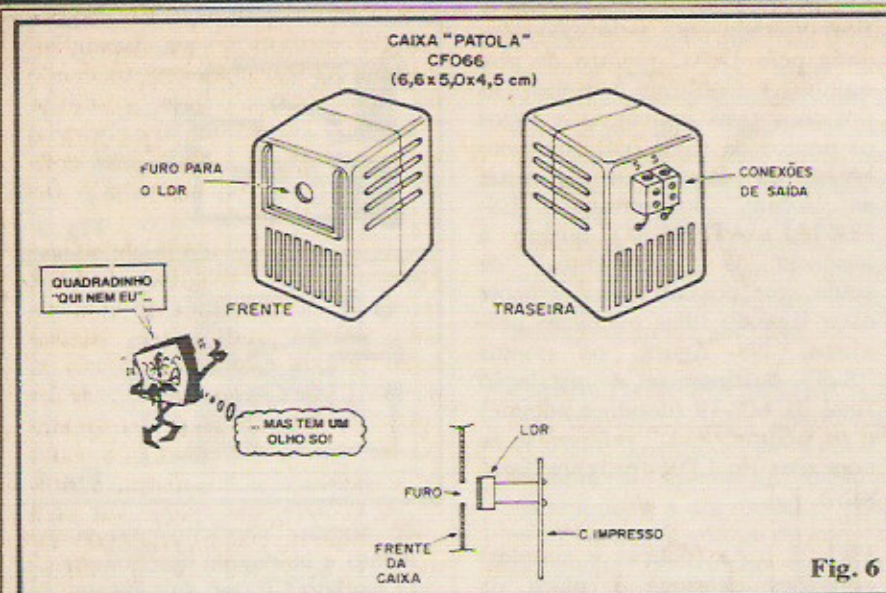



Fig. 6

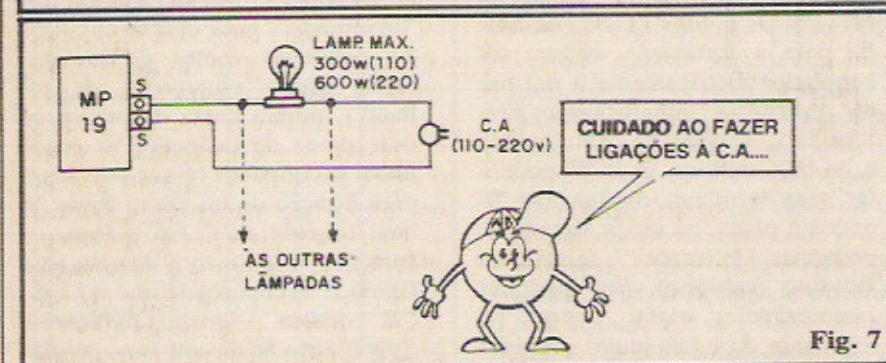



Fig. 7

(qualquer deles) deve ser ligado diretamente a um dos "polos" da C.A. (C.A. não tem "polo", mas os eletricistas dizem assim, não vamos brigar...). O outro ponto "S" deve ser ligado à lâmpada controlada, e esta conetada ao outro "polo" da C.A. Eletricamente, portanto, a lâmpada deve ficar OBRIGATORIAMENTE "INTERCALADA" entre a MP-19 e à C.A.! **ATENÇÃO**: sob nenhuma hipótese a MP-19 pode ser ligada diretamente à C.A., sem uma lâmpada no "caminho", já que nesse caso a "queima" do circuito será inevitável! Mais uma coisa: procurando manter o conjunto compacto, não foi previsto o acoplamento de dissipador de calor ao TRIAC. Assim, para que tudo fique dentro dos limites "suportáveis" pelo circuito (e mais especificamente, pelo TRIAC...) existe um "teto de wattagem" para a lâmpada controlada: **máximo de 300W** em rede de **110V** e **máximo de 600W** em rêde de **220V**. NÃO TENTEM acoplar uma lâmpada com potência **maior** do que os citados limites... Notem ainda que, estando as lâmpadas **em paralelo**, nada impede que várias delas seja simultaneamente controladas pelo dispositivo (ver as linhas tracejadas com a indicação "às outras lâmpadas", na figura...). NO CASO DE MAIS DE UMA LÂMPADA, O LIMITE DE "WATTAGEM" VALE PARA A **SOMA** DAS POTÊNCIAS INDIVIDUAIS DAS DITAS LÂMPADAS! Por exemplo: em 110V, até 3 lâmpadas de 100W cada poderão ser "paraleladas" e simultaneamente controladas pela MP-19.

- **FIG. 8** - No diagrama anterior (fig. 7) foi mostrada a configuração básica, para que a MP-19 controle uma lâmpada específica (que deverá ser instalada **para a função**...). Nada impede, contudo, que o Leitor/"Aluno" coloque o dispositivo no controle direto de uma lâmpada **já instalada na casa**, sem que com isso tenha que modificar a cabagem ou fiação já existente no local! Por exemplo: se na **sua** casa existe uma lâmpada frontal externa (no alpendre, no jardim, sobre a porta de entrada, etc.), cujo interruptor normal de controle esteja - por exemplo - na sala, a instalação poderá ser feita conforme sugere o diagrama: simplesmente leve um par de fios dos pontos "S-S" da MP-19 aos terminais do tal interruptor, onde já se encontram ligados os fios normais da instalação, e que **devem lá permanecer**. Existem, porém, alguns requisitos para tal adaptação (que simplifica muito a instalação...):

- A tal lâmpada controlada deve ter sua "wattagem" **dentro** dos limites inerentes ao circuito (300W em 110V ou 600W em 220V).
- O interruptor normal da dita lâmpada deve ficar na sua posição "DESLIGADO", para que a MP-19 possa "assumir" o controle total da lâmpada.
- Ao efetuar as conexões mostradas, OBRIGATORIAMENTE **DESLIGAR** A ENERGIA C.A. DO LOCAL, de preferência agindo sobre a chamada "CHAVE GERAL", lá na entrada do imóvel, junto ao medidor de kilowatts ("relógio da luz"...). Apenas DEPOIS de feitas as conexões, e verificadas as isolações e condições, é que a tal CHAVE GERAL **PODE** SER RELIGADA! **CUIDADO** AO LIDAR COM A C.A. DOMICILIAR, pois os níveis de Tensão presentes são relativamente altos, suficientes para MATAR um "distraído", ou que vá lá mexer sem saber o que está fazendo! Já avisamos, e voltamos a dizer: NÃO QUEREMOS ter de hastear a bandeira da Escola a "meio pau", por nenhum dos "Alunos", levado desta para melhor por simples "bobeira"... RESPEITO com as altas Tensões, Correntes e Potências presentes na Corrente Alternada domiciliar de 110 ou 220V.

- **FIG. 9** - Posicionando a caixinha da MP-19... Conforme foi dito, o LDR é o "olho" do circuito, e precisa poder "ver" a luminosidade do dia ou a escuridão da

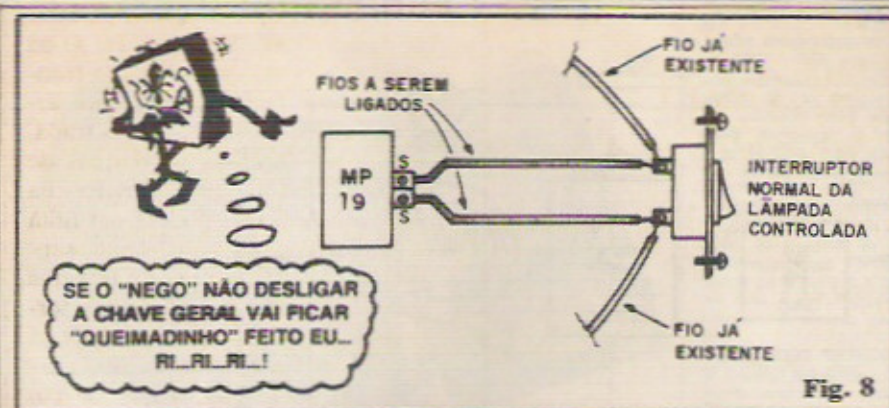



Fig. 8

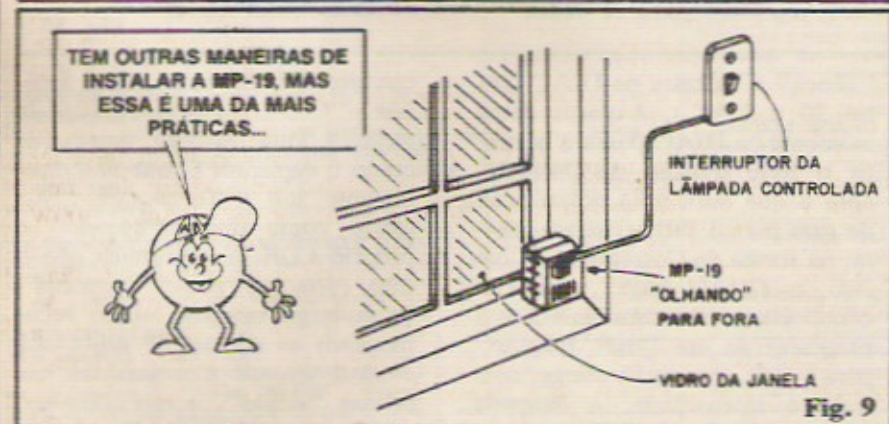



Fig. 9

noite, para que o dispositivo funcione corretamente... A fig. 9 dá uma sugestão prática (que admite algumas variações, mas traz a essência da "coisa"...). Basta posicionar a caixinha da MP-19 no parapeito interno de uma janela, tipo **vitraux** (ou seja, vedada apenas com vidro, sem blindagens opacas que possam impedir a MP-19 de diferenciar a noite do dia...), direcionando o furo frontal (do LDR) de modo que o circuito possa "ver"o céu, ou o "mundo lá fora"... Observem, na figura/exemplo, que a conexão de controle está feita a um interruptor próximo, de parede, correspondendo, em termos práticos, à configuração de instalação mostrada na figura anterior nada impede, porém, que o mesmo posicionamento da caixinha seja utilizado numa instalação **específica**, como a mostrada na fig. 7...).

●●●●●

CONSIDERAÇÕES SOBRE O FUNCIONAMENTO E A SENSIBILIDADE...

A sensibilidade, ou seja, a capacidade que o circuito tem de "reconhecer" a transição entre o dia e a noite (e vice-versa) depende muito das características do LDR utilizado... Estas podem variar de componente para componente, de modelo para modelo, entretanto, na grande maioria das vezes recairá em faixa bastante apropriada, para os fins desejados...

Eventuais casos de sensibilidade muito grande ou muito pequena podem ser corrigidos, respectivamente, diminuindo ou aumentando o próprio diâmetro do furo pelo qual o LDR "olha o mundo". Também o próprio direcionamento da caixinha (ver fig. 9), com algum cuidado e eventual experimentação, poderá vir a corrigir o funcionamento da MP-19, se este não se mostrar conforme esperado...

Tem uma característica da qual a simplicidade do circuito não nos permitirá fugir: principalmente no verão, quando a transição da luminosidade do céu se dá muito lentamente (o dia tanto "nasce" quanto "morre" devagar...), pode ocorrer uma certa instabilidade na condição da lâmpada controlada, com a dita cuja "piscando" um pouco, como que relutando em acender (ou em apagar, dependendo de qual transição está se dando no momento...). Essa condição "instável", contudo, dura pouco tempo, e logo o circuito "se define", apagando ou acendendo firmemente a lâmpada...

Dependendo ainda de características muito "radicais" do LDR utilizado, pode ocorrer da lâmpada controlada, quando acesa, mostrar uma luminosidade muito abaixo da normal. Essa circunstância pode ser corrigida simplesmente **aumentando-se**, experimentalmente, o valor do capacitor "C" (sempre, contudo, o componente deverá ser para uma tensão de trabalho de 400V ou mais...). Se a rede for de 110V, pode-se tentar a elevação do capacitor "C" para até 220n. Em redes de 220V, eleva-se experimentalmente o capacitor para 100n (valores intermediários também podem ser tentados, até encontrar-se a requerida sensibilidade). Uma pequena queda na luminosidade normal da lâmpada é plenamente aceitável, contudo, já que para a finalidade, tanto faz que uma lâmpada de 100W "mostre uma luz de 80W"... Esse é simplesmente o "preço" que "concordamos" em pagar pela extrema simplicidade do circuito, e pela ausência de componentes caros, com relês, e pela não inclusão de vários Circuitos Integrados, transístores, transformadores, etc. que levariam o custo final da montagem "lá pra cima", além de transformarem o dispositivo num "trambolhão"...

O CIRCUITO

(COMO FUNCIONA)

- FIG. 10 - Pelo que já foi falado (em "antecipações teóricas") a respeito do LDR, e sua capacidade de apresentar alta resistência, quando no escuro, e baixa resistência, sob luz forte, alguns Leitores/"Alunos" podem ter imaginado que o circuito ficaria ainda mais simples se o dito LDR controlasse diretamente a energia para a lâmpada... Infelizmente, embora tal raciocínio tenha plena lógica, na prática o LDR não con-

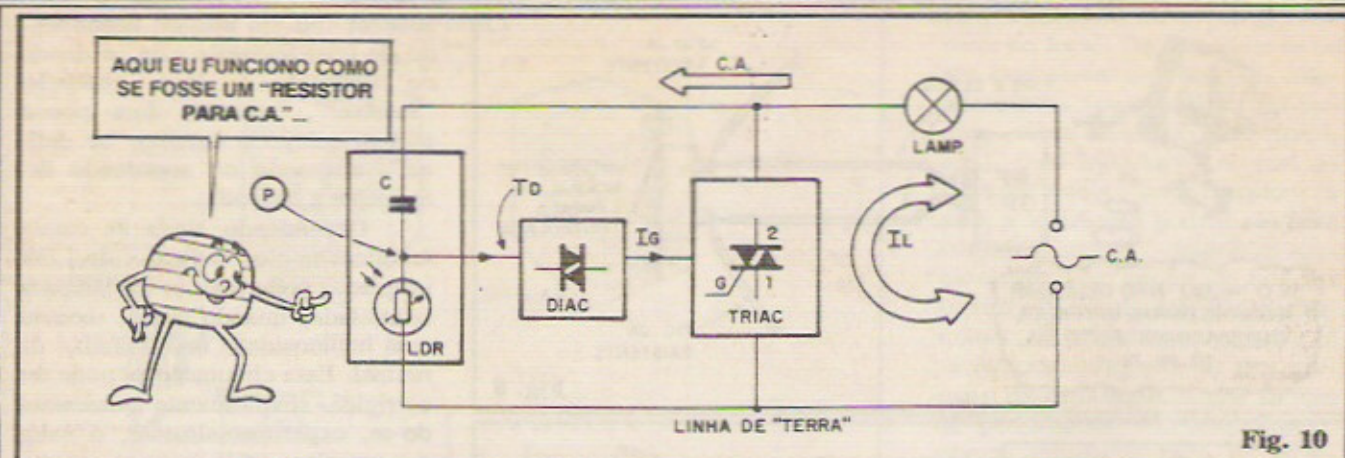
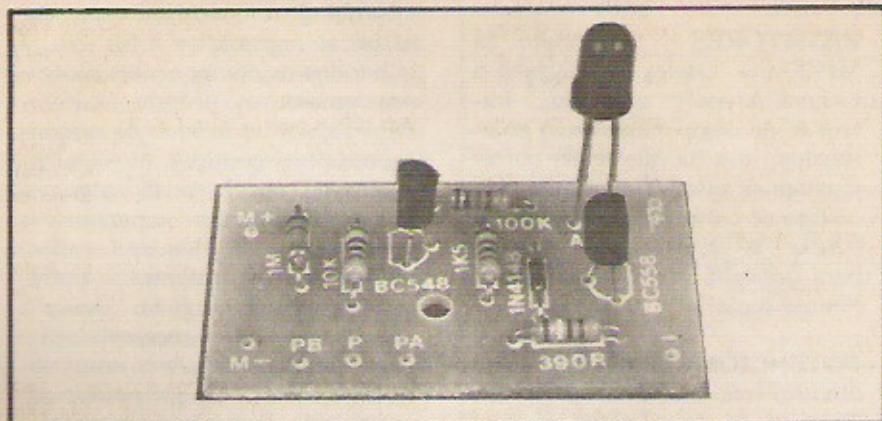



Fig. 10

segue manejar os níveis elevados de Tensão, Corrente e Potência necessários à alimentação direta da lâmpada... Assim, outros componentes, mais "pesados" (o TRIAC, no caso...) assumem, no circuito da MP-19, o trabalho mais bravo, que o LDR não pode fazer... Analisemos o diagrama de blocos da figura: o LDR, em série com o CAPACITOR "C", estabelece, na verdade, num divisor de tensão (já que para a CA o capacitor "age como um resistor"), deixando passar a Corrente, até certo ponto, numa razão proporcional ao seu valor (e também dependente da frequência da C.A., aspecto que estudaremos em futuras "Aulas"...). Notem, então, que o ponto "P" (junção do LDR com C) estando o LDR iluminado (apresentando **baixa** resistência, portanto) mostrará uma tensão (em C.A.) **muito baixa**, insuficiente para atingir a Tensão de Disparo (TD) do DIAC (que, como sabemos, apenas "começa a deixar passar a Corrente, quando a Tensão iguala ou ultrapassa o **seu** referencial"...). Nessa condição, com o DIAC ainda "bloqueado", não há Corrente de **Gate** (IG) para a devida excitação do TRIAC... Este, então, funciona como um "interruptor aberto, ou desligado", entre seus terminais 1 e 2, com o que a lâmpada não tem como receber energia (a Corrente IL **não** se manifesta...). Quando, porém, "as coisas ficam pretas", para o LDR (cai a escuridão sobre o dito cujo...), sua resistência aumenta, elevando a tensão C.A. no ponto P, até que seja atingido o nível necessário para que se "vença" a barreira do DIAC (entre 30 e 35V...). A partir desse momento, o DIAC passa a permitir o livre trânsito da Corrente, com o que suficiente polarização de **gate** para o TRIAC se manifesta, na forma da Corrente IG! Com isso, o TRIAC "liga", estabelecendo entre seus terminais 1 e 2 praticamente um "livre trânsito" para a C.A. que assim atinge, com toda a intensidade, a lâmpada controlada. Esta, então, acende, graças à circulação plena e facilitada de IL... Essa situação perdura enquanto o LDR estiver "no escuro"... Quando novamente a claridade atingí-lo, baixando seu valor ôhmico, outra vez a Tensão no ponto P será insuficiente para "vencer" o DIAC, com o que de novo não haverá IG para excitar o **gate** do TRIAC, e este vedará a passagem da Corrente IL para a lâmpada! Observem, para finalizar, que como **nenhum** dos 4 componentes do circuito é polarizado, seu trabalho em C.A. fica facilitado, não requerendo o "apoio" de outras peças, diodos de retificação ou proteção, capacitores de filtragem, e essas coisas! Lembrem ainda que, como o capacitor C age, no circuito, como se fosse um mero "resistor para C.A.", através do dimensionamento do seu valor (quanto **maior** a capacitância, **menor** "o valor ôhmico" que ele apresenta à C.A. que o percorre, dentro do fenômeno chamado de REATÂNCIA CAPACITIVA - estudaremos mais tarde...) podemos facilmente pré-dimensionar os níveis de Tensão no ponto P, de modo a adequar a sensibilidade de todo o circuito (já falamos sobre isso, nas "CONSIDERAÇÕES", lá atrás...). Para finalizar, notem que como o capacitor C trabalha diretamente sob a Tensão de C.A., tendo como único "escudo" o próprio LDR, é importante que o dito capacitor possa "suportar" (com larga margem, como recomendam as normas de segurança exaustivamente mencionadas nas nossas "Aulas"...) tais Tensões, daí a necessidade da Tensão de Trabalho de C situar-se em 400V (boa margem).

PRÁTICA 20

(20ª MONTAGEM PRÁTICA)

Voltímetro de Bancada de Baixo Custo

- **A "COISA"** - Dentro de uma ou duas "Aulas", o nosso "Curso" entrará no **importante** assunto MEDIÇÕES & MEDIDORES", onde veremos como verificar, nos circuitos e componentes, "a quantas andam" as principais grandezas elétricas (Tensão, Corrente, Resistência, etc.), aprenderemos a **tirar conclusões** dessas medições e até a "construir" medidores específicos, a partir de galvanômetros "universais"... Teremos também, nessas futuras "Lições", algumas importantes noções de como usar um MULTÍMETRO, nos aspectos básicos da Eletrônica Prática! Agora, tem um "galho" que "vai pintar", temos certeza: o "mardito" PREÇO de todo e qualquer Instrumento de Medição! Infelizmente, mesmo o mais "básico" dos Instrumentos, custa uma considerável "notinha" e não são todos os Leitores/"Alunos" que, logo "de cara", conseguirão reunir os "trocados" necessários à aquisição, ainda que de um simples galvanômetro... Razões industriais fazem com que medidores de bobina móvel (ver "Aula" nº 4), sem falar nos modernos medidores digitais, com **displays** numéricos, sejam relativamente caros... Então "como é que a gente faz"...? Tem jeito para tudo, desde que a criatividade e o bom senso prevaleçam, e que saibamos usar com inteligência as especiais características dos componentes eletrônicos mais comuns, mais baratos (e que já estudamos...). A presente Montagem Prática nº 20 traz, justamente, a possibilidade do Leitor/"Aluno" construir, para seu uso em bancada, um autêntico VOLTÍMETRO, porém sem galvanômetro, sem instrumento "de ponteiro", sem complexos e caros circuitos digitais e **displays** numéricos! O custo vai "lá pra baixo" e, no entanto, o alcance é bastante conveniente (cerca de 20V, abrangendo 90% das necessidades encontradas no dia-a-dia dos estudos, experiências e práticas básicas...), a precisão (em torno de 0,2 a 0,3V no nosso protótipo) mais do que suficiente para aplicações de aprendizado e **mesmo** para muitas funções práticas mais "avançadas"! A montagem é (como sempre ocorre aqui...) simplíssima, a utilização é fácil, segura e óbvia, e as indicações são bastante confiáveis para a análise dinâmica ou estática de blocos circuitais, componentes, montagens, verificações experimentais, etc. Enfim: sob todos os aspectos, o VOLTÍMETRO DE BANCADA DE BAIXO CUSTO (SEM GALVANÔMETRO) - MP-20, "dará conta do recado", por um bom tempo, até que o distinto Leitor/"Aluno" consiga liberar aqueles "pichos" que o "Governo" diz que "reteve" (mas na verdade "garfou"...) e adquirir um MULTÍMETRO ou coisa que o valha...

- **FIG. 1** - Diagrama esquemático do circuito da MP-20. Todo Leitor/"Aluno" que não faltou a nenhuma das "Aulas" anteriores do ABC já está mais do que apto a corretamente interpretar o "mapa" das ligações, identificar os componentes envolvidos e as suas funções mais aparentes, além de referenciar seus eventuais terminais polarizados ou específicos... TODOS os componentes e simbologias envolvidos no "esquema" da MP-20 **já foram** estudados!

- **FIG. 2** - Como especial "bônus" para os eternos "atrasadinhos" e para os "amnésicos" da turma, a ilustração "dá uma geral" nas aparências, símbolos e terminais específicos de todos os compo-

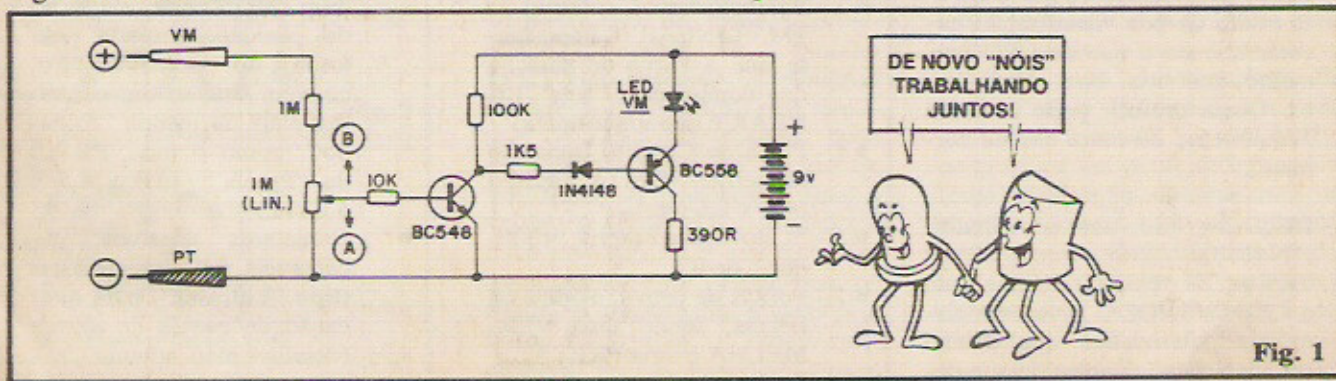
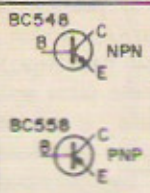
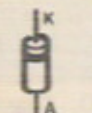
Fig. 1

APARÊNCIA	SÍMBOLO
E B C TRANSÍSTORES	BC548 B C E NPN / BC558 B C E PNP
K A LED	K A
K A DIODO	K A
RESISTORES	

Fig. 2

nentes. Vamos a um breve "papo" sobre cada um deles:

- **TRANSÍSTORES** - São 2, no circuito. Um NPN (BC548) e um PNP (BC558). Lembrar sempre que, embora "por fora" sejam absolutamente idênticos (salvo o código alfanumérico neles inscrito pelo fabricante), por dentro são de opostas polaridades e suas posições **não podem** ser trocadas na montagem, caso em que o circuito **não funcionaria**... Podem ser usados equivalentes, dentro da chamada lista "universal" (ver ARQUIVO TÉCNICO da "Aula" nº 7...).

- **LED** - Apenas um na MP-20. Para efeito de boa visualização, recomendamos o uso de LED vermelho, redondo, bom rendimento. Quem preferir **pode** usar um componente de outra cor ou formato...

- **DIODO** - Só um no circuito (1N4148). Assim como ocorre com os TRANSÍSTORES e com o LED, o DIODO apresenta terminais **polarizados**, que devem ser identificados **antes** da sua definitiva ligação ao circuito.

- **RESISTORES** - O circuito da MP-20 usa 5 deles. Como sabe o Leitor/"Aluno" aplicado, tratam-se de componentes não polarizados, mas há que se ler corretamente o valor de cada um, via código de cores neles impresso (a "Aula" nº 1 está lá, na estante, para consulta dos que tiverem o "miolo mole"...

- **POTENCIÔMETRO** - Um só no circuito (não mostrado na fig. 2). Trata-se de um resistor variável ou ajustável, visto na 1ª "Aula". O valor ôhmico vem inscrito no corpo da peça e o único cuidado é ligá-lo exatamente como indicarão as figuras do "chapeado" (mais adiante...).

- **SOBRE A "LISTA DE PEÇAS"** - Nenhum problema em encontrar as peças necessárias à MP-20, já que todos os componentes são super-comuns. A própria "LISTA DE PEÇAS" e mais as descrições e conselhos contidos no detalhamento da fig. 2, já dão algumas importantes "dicas" e parâmetros quanto às possibilidades (amplas) de se usar equivalentes... Entretanto, para que ninguém "dance", aqui vai a "velha" recomendação: não adquiram **nada**, sem antes obterem a certeza de que podem adquirir **tudo**. Isso não é um simples trocadilho... É a "regra de ouro" das montagens eletrônicas, e que pode evitar sérias frustações ao Leitor/"Aluno"... Vocês sabem que ABC fez um especial convênio com a Concessionária Exclusiva - EMARK - e que, a partir

LISTA DE PEÇAS

(20ª MONTAGEM PRÁTICA)

- 1 - Transístor BC548 ou equivalente ("universal" NPN)
- 1 - Transístor BC558 ou equivalente ("universal" PNP)
- 1 - LED vermelho, redondo, 5mm, bom rendimento luminoso
- 1 - Diodo 1N4148 ou equivalente (1N914, 1N4001, etc.)
- 1 - Resistor 390R x 1/4W (laranja-branco-marrom)
- 1 - Resistor 1K5 x 1/4W (marrom-verde-vermelho)
- 1 - Resistor 10K x 1/4W (marrom-preto-laranja)
- 1 - Resistor 100K x 1/4W (marrom-preto-amarelo)
- 1 - Resistor 1M x 1/4W (marrom-preto-verde)
- 1 - Potenciômetro rotativo - 1M - LINEAR (é **importante** que a curva de atuação do componente seja LINEAR e **não** logarítmica)
- 1 - Placa de Circuito Impresso específica para o circuito (4,6 x 2,6 cm.)
- 1 - "Clip" para bateria "tijolinho" de 9V
- 2 - Pontas de prova, médias ou longas, sendo uma VERMELHA e uma PRETA
- - Fio e solda para as ligações

DIVERSOS/OPCIONAIS

- 1 - **Knob** para o potenciômetro
- 1 - Pedaço longo e estreito de plástico fino e transparente (pode ser aproveitado de uma régua escolar comum...) para a confecção do "ponteiro" indicador a ser acoplado ao **knob** do potenciômetro.
- 1 - Caixa para abrigar a montagem. Embora o circuito em si "caiba" em caixa bem pequena, para efeito de facilitação na escala de leitura, a ser desenhada num **dial** circular, em torno da posição ocupada pelo **knob** do potenciômetro, convém usar-se um **container** mais ou menos "folgado", como o mod. PB112 da "Patola" (12,3 x 8,5 x 5,2 cm.)
- - Caracteres adesivos, decalcáveis ou transferíveis (tipo "Letraset") para marcação da escala de leitura (detalhes mais adiante...).

disso, existe a prática possibilidade de se adquirir o conjunto completo para a Montagem Prática (bem como os "Pacotes/"Aula" referentes às Experiências mostradas no ABC), incluindo placa de Circuito Impresso prontíssima, e outras facilidades... O anúncio está por aí, acompanhado do devido Cupom de pedido. Lembrem-se que esse sistema de atendimento foi "inventado" (além de para "faturar uns trocados", que ninguém é de ferro...) justamente para beneficiar o Leitor/"Aluno" que reside nas cidades pequenas e muito afastadas, onde até um simples resistor pode ser de difícil obtenção...

Fig. 5

- **FIG. 3** - **Lay out**, em tamanho natural (é só copiar, diretamente...) do Circuito Impresso específico para a MP-20. O padrão de ilhas e pistas é simples e não muito "congestionado", facilitando a confecção mesmo por quem tem pouca prática. O **importante** é - reafirmamos - assegurar-se de que não há "curtos" ou falhas, ao final da confecção da placa. Se forem constatados tais defeitos, ainda **antes** dos componentes serem colocados, é fácil corrigir-se as irregularidades. Lembrem-se **sempre**: a placa é o substrato mecânico e elétrico do circuito e da sua perfeição depende o sucesso de qualquer montagem, por mais simples que seja...

- **FIG. 4** - "Chapeado" da Montagem Prática 20. Na figura a placa é vista pelo lado dos componentes (não cobreado), com todas as peças identificadas e posicionadas. ATENÇÃO aos códigos dos transístores e às suas posições. CUIDADO também com a polaridade (posição) do único diodo. VERIFICAR a posição de cada resistor, em função do seu valor. Ao final, observar a placa pelo lado cobreado, e apenas cortar as sobras de terminais se todos os pontos de solda estiverem perfeitos (vimos isso com profundidade nas primeiras "Aulas", na Seção TRUQUES & DICAS, vão lá...), sem "corrimentos" e sem "faltas"... Notem que alguns pontos periféricos, embora codificados, não têm ligação. Tratam-se dos furos/ilhas destinados às conexões externas, vistas na próxima figura...

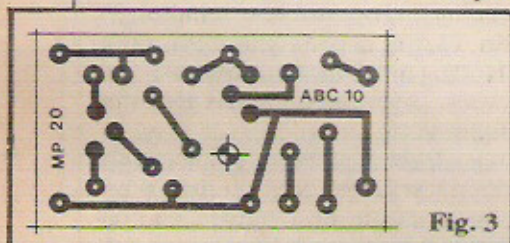
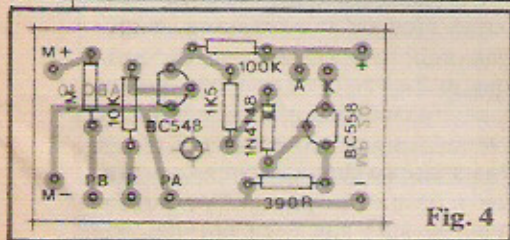
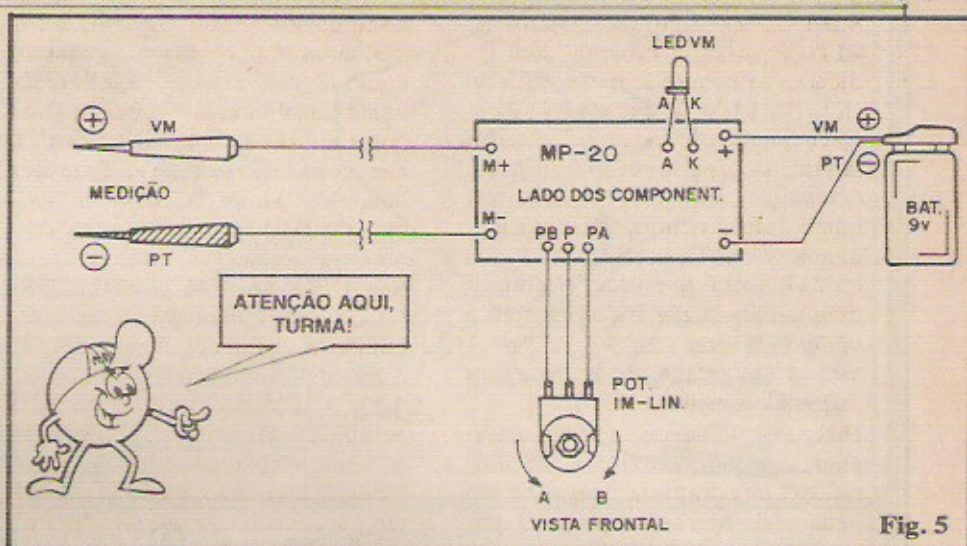



Fig. 3

Fig. 4

- **FIG. 5** - As tais "ligações externas"... A placa ainda é vista pela sua face não cobreada (os componentes agora não são mostrados, pois isso não interessa no momento...). ATENÇÃO à polaridade dos fios da alimentação (bateria), lembrando sempre que o cabinho VERMELHO do "clip" corresponde ao **positivo**, e o cabinho PRETO ao **negativo**. ATENÇÃO à correta identificação dos terminais do LED (este também pode ser ligado à placa por um par de fios finos, se a instalação final o exigir...). CUIDADO no posicionamento relativo e nas conexões do potenciômetro... Notar que, na figura, o componente é visto pela frente (pelo eixo...). Finalmente, observar que as ligações às duas pontas de prova (MEDIÇÃO) devem também ser polarizadas, ou seja é bom identificar a ponta POSITIVA com a cor **vermelha** e a NEGATIVA com a cor **preta**. Os fios que interligam a placa às ditas pontas de prova não podem ser muito curtos (de 30 a 50 cm. é uma boa medida...) e a sua definitiva soldagem às próprias pontas de medição apenas deve ser feita **depois** do "encaixamento" do circuito (detalhes mais à frente).

- **FIG. 6** - A MP-20 é um autêntico Instrumento de Bancada e assim sua aparência deve ser elegante, prática, "leiautada" de modo a facilitar a utilização e a visualização dos dados, controles, indicadores, etc. Insistimos que a "boniteza" também é um dote positivo em qualquer equipamento eletrônico... Não é só bumbum de **miss** que deve ser bonito... A figura dá **uma** das idéias finais para acabamento e implementação visual externa da MP-20, com os cabos de medição saindo de uma das laterais menores da caixa, o LED indicador fixado numa das extremidades do painel frontal, e (aí está todo o "segredo" da "coisa"...) o potenciômetro bem centrado, de modo que seu **knob**, acoplado a um ponteiro indicador (cuja confecção detalharemos a seguir...) possa, ao ser girado, abranger confortavelmente uma escala semi-circular na qual serão demarcados os valores de Tensão...

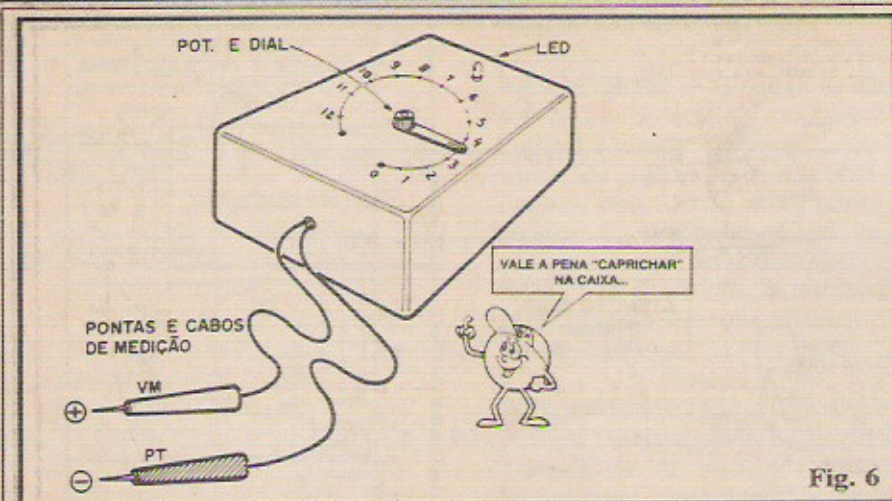



Fig. 6

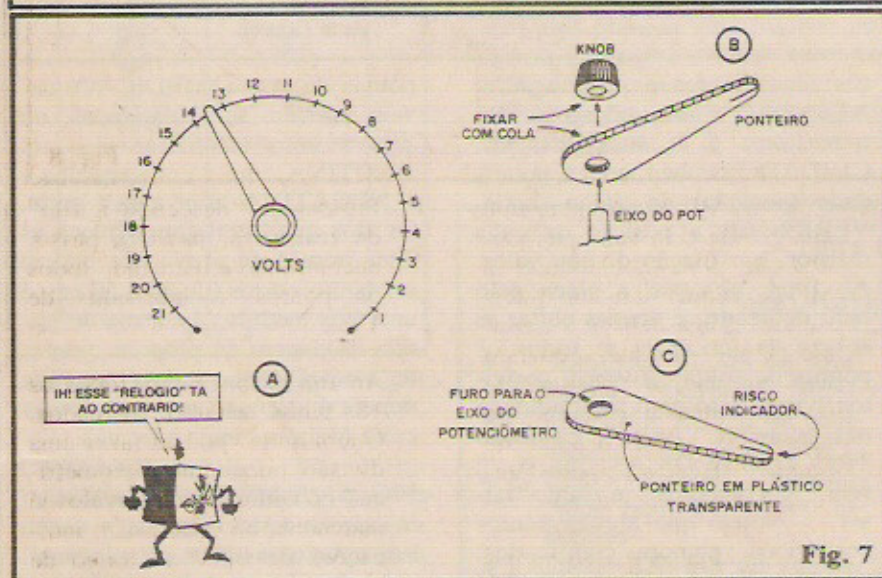



Fig. 7

- **FIG. 7-A** - Exemplo básico da escala circular, já com o **knob**/ponteiro incorporado. Notem que a marcação vista é apenas um exemplo, já que os exatos posicionamentos da graduação dependerão da CALIBRAÇÃO a ser feita pelo Leitor/"Aluno". De qualquer modo, o alcance básico do VOLTÍMETRO situa-se em torno de 20V e, portanto, não mais do que 20 divisões básicas serão necessárias (talvez intercaladas com sub-marcações, correspondentes a intervalos de "meio volt"...). O tamanho (diâmetro) da escala semi-circular dependerá basicamente das próprias dimensões originais do painel frontal da caixa utilizada... Quanto **maior** melhor, de modo que mais confortavelmente possam ser visualizadas as divisões angulares e as marcações correspondentes a cada ponto.

- **FIG. 7** - Como acoplar o "ponteiro" indicador ao **knob**. O furo do ponteiro deve permitir a livre passagem do eixo do potenciômetro. Para que tudo fique bem firme, o ponteiro deve ser fixado com cola à base do **knob** (usar adesivo de **epoxy** ou de cianoacrilato).

- **FIG. 7-C** - O "ponteiro", em si... Não passa de um pedaço, cuidadosamente recortado, de plástico rígido e transparente, fino, longo e estreito... Convém lixar bem as bordas, por uma questão de acabamento, arredondando eventuais arestas. Na sua extremidade indicadora (e mais estreita), um risco fino e reto deve ser feito, de modo a constituir um "fino" e nítido indicador, colaborando para a precisão das leituras e facilitando a visualização do valor indicado na escala semi-circular...

CALIBRANDO E USANDO O VOLTÍMETRO...

O circuito da MP-20 não requer, implicitamente, ajustes. A calibração é feita a partir da própria escala ou **dial** acoplado ao **knob**/ponteiro. É importante notar (ver fig. 7-A) que a dita escala é "invertida" ou seja: "caminhando" no sentido **horário** do **knob**/indicador, os valores das Tensões indicadas vão "caindo" (e não "subindo"...).

Terminada e "encaixada" a montagem, conforme figuras anteriores, o Leitor/"Aluno" pode fazer um simples e efetivo TESTE de funcionamento. Coloque uma bateria no respectivo conetor (9V, "tijolinho"...). O LED indicador **não deve** acender, estando as pontas de medição "livres", mesmo girando o **knob**/indicador "de cabo a rabo" (esse **não acendimento** é um simples indicativo de que "não há Tensão" nas pontas de prova...).

Gire o **knob**/indicador totalmente para a esquerda (sentido **anti-horário**...). Aplique as pontas de prova (respeitando as polaridades...) a uma única pilha pequena de 1,5V, reconhecidamente boa e nova... O LED ainda **não deve** acender...

Vá girando com lentidão o **knob**/indicador, no sentido **horário**... Quando o giro estiver chegando quase ao seu "fim", o LED, repentinamente, acenderá com firmeza! Se tudo ocorrer assim, sua montagem está perfeita... Notar que o exato ponto da escala, onde se encontrava o ponteiro, no momento do giro em que o LED acendeu, corresponde justamente à indicação de "1,5V"... Se quiser, já pode deixar previamente marcado tal ponto, com lápis, para posterior conferência...

Toda a calibração da escala deverá ser feita mais ou menos assim: a partir de Tensões de Referência externas... São dois os métodos elementares para uma razoável calibração (estamos supondo que o Leitor/"Aluno" **não possui** uma Fonte Variável de tensão, de precisão, com alcance de 20V...). No primeiro deles, serão requeridas nada menos que 12 pilhas pequenas, de 1,5V cada (notem que, to-

das "enfileiradas", resultam em 18V...). A marcação da escala poderá então ser feita assim (a intervalos de 1,5V...): repete-se o TESTE com 2 pilhas em série e faz-se a marcação de 3V... Depois novamente faz-se o TESTE com 3 pilhas, marcando-se 4,5V... Em seguida, repete-se tudo com 4 pilhas, estabelecendo-se a marca (no "ponto de acendimento" do LED...) de 6V... Assim vamos, de "pilha em pilha", até totalizar as 12, em série, cujo "ponto de acendimento" do LED corresponderá a 18V.

As marcações da escala, serão:

- 0
- 1,5
- 3,0
- 4,5
- 6,0
- 7,5
- 9,0
- 10,5
- 12,0
- 13,5
- 15,0
- 16,5
- 18,0

Quem quiser poderá dividir "geometricamente" os arcos de círculo entre cada duas marcações estabelecidas, de modo a conseguir indicações correspondentes a "semi-intervalos" de 0,5V cada... A precisão não será absoluta, mas ainda assim bastante aproveitável...

- **FIG. 8** - Método mais "científico" de fazer a calibração... O Leitor/"Aluno" precisará de **duas** baterias "tijolinho" de 9V, ligadas **em série**, de modo a totalizar 18V. Além disso, 18 resistores de 1K x 1/4W deverão ser dispostos em "fila" (ligação **em série**, portanto...), conforme ilustra o diagrama e com tal "elo" fechando os contatos extremos da alimentação de 18V. Com tal disposição, teremos, no "topo" de **cada** resistor, tensões nitidamente demarcadas, a intervalos de 1V, que poderão ser usadas com suficiente precisão para a marcação da escala da MP-20! Para simplificar as operações, a ordem dos trabalhos deve ser a seguinte:

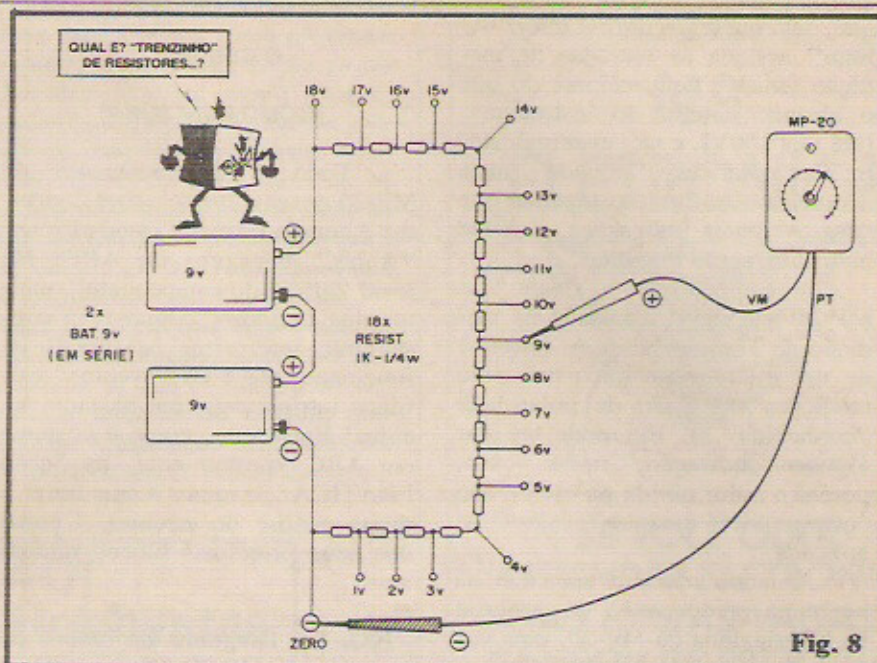



Fig. 8

- A - Com a MP-20 devidamente energizada pela **sua** bateriazinha de 9V (notem que a MP-20 sequer tem um interruptor "liga-delsiga", simplesmente porque, quando não em uso, o consumo de energia situa-se próximo de "zero"...), aplicar a ponta de prova PRETA ao ponto "zero", correspondente ao "começo" da "fila" de resistores, e ao terminal **negativo** da bateria "de baixo", na fig. 8...

- B - Girar o **knob**/indicador da MP-20 todinho para a esquerda (anti-horário).

- C - Aplicar a ponta de prova VERMELHA da MP-20 ao ponto da "fila" de resistores correspondente a "18V". Girar **muito lentamente** o knob/indicador da MP-20 no sentido horário (para a direita), parando exatamente no ponto onde o LED acender firmemente. Marcar na escala, tal ponto (18V).

- D - Aplicar a ponta de prova VERMELHA ao ponto da "fila" correspondente a "17V". Continuar (muito lentamente) o giro do **knob**/indicador para a direita. Obtido o nítido acendimento do LED, parar o giro e marcar (17V).

- E - Prosseguir "descendo a fila" de resistores, passo a passo, encontrando e marcando todos os pontos, a intervalos de 1V...

- F - Ao fim da operação, todos os 18 pinos estarão marcados. Quem quiser poderá fazer uma divisão puramente "geométrica" no centro dos intervalos já marcados, obtendo assim indicações de 0,5V ao longo de toda a escala...

•••••

A utilização da MP-20 já terá ficado óbvia: para saber a Tensão em qualquer ponto de circuito, componente, pilhas, baterias, fontes, etc., basta aplicar as pontas de prova (sempre respeitando a polaridade...), levar o **knob**/indicador **todo** para a esquerda e "voltar", lentamente, o seu ajuste, até obter o claro acendimento do LED... Nesse exato momento angular do giro, encontrar-se-á a marcação correspondente à Tensão medida no referido ponto!

Como não tem "ponteiro móvel" para quebrar, "bobina" para queimar, "mola" para entortar ou mesmo sensíveis Circuitos Integrados para "fritar" numa eventual sobrecarga ou inversão de polaridade, o nosso VOLTÍMETRO é quase à prova de danos! Mesmo

que, sem querer, o caro Leitor/"Aluno" aplique às entradas de medição tensões **bem** maiores do que o alcance natural do instrumento (até uns 100V), e até, eventualmente, com polaridade "trocada", **nada** acontecerá ao circuito (apenas que suas eventuais indicações, naquele momento, serão inválidas...).

Recomendações finais: a MP-20 não deve ser usada na medição de Tensões em C.A. (trata-se de um Instrumento exclusivo para medições em C.C., de polaridade "conhecida"...). Ele pode até dar alguma indicação, nesse caso, porém o valor obtida na escala não corresponderá à exata Tensão C.A. aplicada...

Quando não em uso, não há nenhuma preocupação de desgaste na bateriazinha da MP-20, uma vez que não havendo tensão sobre as pontas de prova, o consumo "interno" do circuito aproxima-se de "zero"...

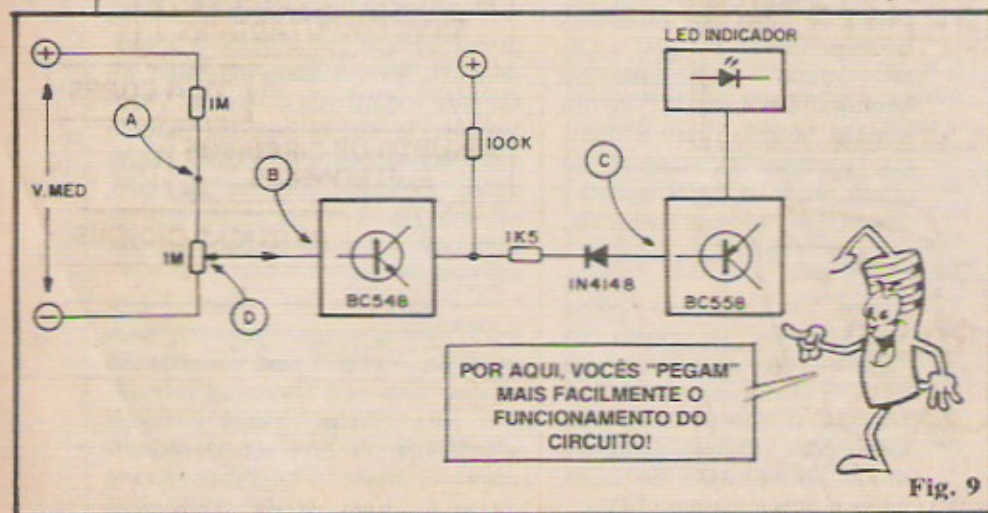
Para os "eternos chatos", que dirão: "- Muito bem... O aparelho me permite ler Tensões... Mas e as Correntes...? E as Resistências...?, aí vai a resposta: "cês tão" lembrados da velha Lei de Ohm...? na 1ª "Aula"...? Então "vão lá"... Como as principais grandezas elétricas são rigidamente INTERDEPENDENTES, obedecendo proporcionalmente a fórmulas simples, basta um mínimo de matemática para, a partir da TENSÃO (conhecendo, por exemplo, a RESISTÊNCIA...) obter a CORRENTE! E vice-versa... E "versa-vice"...

O CIRCUITO

(COMO FUNCIONA)

Todo o funcionamento da MP-20 desenvolve-se sobre conceitos e componentes **já estudados** nas "Aulas" anteriores do ABC! Na atual "altura do campeonato", muitos dos Leitores/"Alunos" já conseguirão interpretar os blocos de funcionamento e os "eventos" elétricos intrínsecos, com bastante lucidez! Entretanto, como é costume em ABC (mesmo aqui, na Seção PRÁTICA...), vamos a uma breve e direta análise do circuito, a partir dos seus principais blocos funcionais...

- **FIG. 9** - Diagrama de blocos do circuito da MP-20. Observando os módulos, e mais o esquema da fig. 1, não é difícil notar que o conjunto forma um relativamente simples amplificador, baseado em dois transístores, com acoplamento praticamente direto (isso não é problema, pois como vimos nas "Lições" sobre os Transístores Bipolares, ao trabalharmos com sinais em C.C. o acoplamento direto é elementar...). Logo de início, temos um simples divisor resistivo de Tensão, estruturado na "pilha" formada pelo resistor de 1M e potenciômetro também de 1M. Com tal disposição, temos um pré-dimensionamento da Tensão no ponto "A" central do divisor (a "voltagem" aí será sempre a **metade** do valor aplicado às Entradas de medição ("V-MED"). Já a Tensão presente no **cursor** do potenciômetro, dependerá (ponto "D") unicamente da momentânea posição desse contato móvel... Quanto mais "lá embaixo" ele estiver, **menor** será a Tensão por ele "vista" (e, em contrapartida, quanto mais "lá em cima", **maior** a Tensão...). Pois bem: a Tensão presente no cursor (e que depende tanto da sua posição, quanto do valor inicialmente aplicado a "V-MED"...), desde que superior a 0,6V (ver "Lição" sobre os Transístores, nas "Aulas" 6 e 7 do ABC...), conseguirá "forçar" através do resistor de 10K (ver esquema - fig. 1) suficiente corrente de **base** para o primeiro transístor amplificador (BC548), de modo a colocá-lo "em condução"... Notem que seu circuito de **coletor** encontra-se "carregado" pelo resistor de alto valor (100K). Assim, a Tensão no **coletor** do BC548 apenas "cairá" a um valor próximo de "zero", quando o dito transístor entrar "em condução"... (Antes disso a tal Tensão será relativamente alta...). Através do resistor de 1K5, **apenas** quando a Tensão de **coletor** do BC548 cair abaixo de 1,2V, aproximadamente, o BC558 do último bloco, poderá ser colocado em saturação... Por que "1,2V"...? É simples: precisamos de 0,6V para vencer o diodo 1N4148 e mais 0,6V para sobrepujar o "diodo" **base/emissor** do próprio BC558! E notem que sendo o dito transístor de polaridade PNP, sua base precisa de polarização **negativa**... A razão do "degrau" estabelecido, de 1,2V, é explicada pela necessidade de colocar o transístor funcionando nitidamente em sua região **não linear**... Queremos uma ação tipo "tudo ou nada", de modo que o LED acoplado ao seu **emissor** acenda "de repente" e não lentamente, à medida que "cresce" a polarização negativa de **base**! Também por tal razão aplicamos o LED ao **emissor** (e não ao **coletor**, como é mais convencional...), "carregando" o coletor do transístor com o resistor de 390R para a devida limitação e Corrente (sem a qual LED e BC558 poderiam "fritar"...). Notem ainda que

Fig. 9

a existência desses nítidos e definidos "degraus" de Tensão a serem "vendidos" para o acendimento do LED, servem também para evitar que o natural desgaste, ao longo do tempo, da bateria de 9V que alimenta o circuito, possa interferir com a calibração do VOLTÍMETRO. Enfim, olhando todo o circuito, "do cabo até o rabo", a POSIÇÃO DO CURSOR DO POTENCIÔMETRO, QUE FAZ O LED NITIDAMENTE **ACENDER**, É DIRETAMENTE PROPORCIONAL À **TENSÃO** APLICADA ÀS ENTRADAS DE MEDIÇÃO! É por tal razão que a "curva" de funcionamento do dito potenciômetro **deve** ser LINEAR (para preservar a proporcionalidade, senão as indicações ficariam muito "espremidas"...). Depois de muitos meses de uso, inevitavelmente a luminosidade do LED, durante as indicações, ficará menor, ocasião em que torna-se necessária a troca da bateria de 9V (estimamos sua durabilidade em cerca de 1 ano...). Notem que então, **nenhuma** "re-calibração" se tornará necessária, já que os "degraus" definidos internos do circuito preservam a marcação originalmente feita na escala do potenciômetro!